Materialeigenschaften

Allgemeine Materialeigenschaften	Seite 1 - 5
Spezifische Eigenschaften	Seite 6 - 8
Zeitstandskurven und Betriebsdrucktabellen	Seite 9 - 19
Kriechmodulkurven	Seite 20 - 23
Zulässige Betriebsunterdrücke	Seite 24 - 25
Verhalten bei abrasiven Durchflussstoffen	Seite 26
Chemische Beständigkeit	Seite 27 - 29

Verlegerichtlinien

Transport, Handling, Lagerung	Seite 30
Allgemeine Verlegerichtlinien	Seite 31
Spanabhebende Bearbeitung	Seite 32

Kalkulationsrichtlinien

Maßsysteme	Seite 33
SDR, Bauteilbetriebsdruck	Seite 34
Betriebsüberdruck für wassergefährdende Medien	Seite 35
Rohrwanddicke, Äußerer Überdruck, Versteifung für Rohre mit Beulbeanspruchung	Seite 36 -38
Festlegung des Rohrquerschnitts, Ermittlung der hydraulischen Verluste	Seite 39 -42
Festpunktbelastung	Seite 43
Rohrstützweiten, Führungsabstände, Längenänderung, Biegeschenkellänge	Seite 44 - 50
Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen	Seite 51 - 52
Durchfluss-Nomogramm	Seite 53

Verbindungstechnik

Allgemeine Anforderungen, Anwendungsgrenzen	Seite 54 - 55
Heizelementstumpfschweißen	Seite 56 - 61
Berührungsloses Stumpfschweißen	Seite 62
Heizelementmuffenschweißen	Seite 63 - 66
Heizwendelschweißen (E-Schweißung)	Seite 67 - 72
Warmgas - Ziehschweißen	Seite 73 - 76
Extrusionsschweißen	Seite 77 - 79
Lösbare Verbindungen	Seite 80

Anwendungen und Referenzen

Doppelrohrsystem	Seite 82 - 89
Einsatzmöglichkeiten	Seite 90
Referenzliste	Seite 91
Referenzprojekte	Seite 92

Zulassungen und Normen

Fremdüberwachung und Normen	Seite 93 - 94

Allgemeine Materialeigenschaften von PE

Durch die permanente Weiterentwicklung der PE-Formmassen in den letzten Jahren wurde die Leistungsfähigkeit von PE-Rohren und Formteilen erheblich verbessert. Diesem Umstand wurde durch neue, internationale Normen (ISO 9080, EN1555, EN12201) Rechnung getragen, sodass jetzt höhere Betriebsdrücke zulässig sind.

Polyethylen (PE) wird jetzt nicht mehr nach der Dichte eingeteilt (PE-LD, PE-MD, PE-HD), sondern in MRS-Festigkeitsklassen eingestuft.

Im Vergleich zu anderen Thermoplasten weist PE eine ausgezeichnete Diffusionsbeständigkeit auf und wird daher seit vielen Jahren für den sicheren Transport von Gasen verwendet.

Weitere wesentliche Vorteile dieses Materials sind die UV-Stabilisierung (falls schwarz eingefärbt), und die Flexibilität des Werkstoffes ("flexibles Rohrsystem").

Physiologische Unbedenklichkeit

Polyethylen entspricht in seiner Zusammensetzung den einschlägigen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen (nach ONORM B 5014 Teil 1, BGA, KTW-Richtlinien).
PE-Rohre und -Formteile sind auf Trinkwassertauglichkeit überprüft und nach DVGW Richtlinie W270 zugelassen.

Verhalten bei Strahlenbelastung

Rohre aus Polyethylen können grundsätzlich im Bereich energiereicher Strahlung eingesetzt werden. So haben sich Rohre aus PEHD seit vielen Jahren zur Ableitung radioaktiver Abwässer aus heißen Laboratorien und als Kühlwasserleitungen in der Kernenergietechnik bewährt.
Die üblichen radioaktiven Abwässer enthalten Beta- und Gammastrahlen. PE-Rohrleitungen werden selbst nach jahrelangem Einsatz nicht radioaktiv.
Auch in Umgebung höherer Aktivitäten werden Rohre aus PE nicht geschädigt, wenn sie während ihrer gesamten Betriebszeit keine größere, gleichmäßig verteilte Strahlendosis als < 10^4 Gray enthalten.

Vorteile von PE

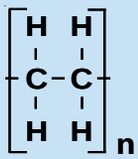
- UV-Beständigkeit
- Flexibilität
- geringe Dichte von 0,95g/cm³
- günstige Transportmöglichkeiten (z.B.Ringbunde)
- sehr gute chemische Beständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Strahlenbeständigkeit
- gute Schweißbarkeit
- sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- keine Ablagerungen und kein Zuwachsen möglich
- durch geringen Reibungswiderstand geringere Druckverluste als z.B. bei Metallen
- Unempfindlichkeit gegen Frost
- Nagetierbeständig
- Beständigkeit gegen jeglichen mikrobiellen Abbau

Polyethylen Type PE 100

Diese Materialien werden auch als Polyethylen Typen der dritten Generation (PE-3) bzw. als MRS 10 Materialien bezeichnet.
Es handelt sich hierbei um eine Weiterentwicklung der PE-Materialien, die durch ein modifiziertes Polymerisationsverfahren eine geänderte Molmassenverteilung aufweisen. Dadurch haben PE 100 Typen eine höhere Dichte und auch verbesserte mechanische Eigenschaften wie eine erhöhte Steifigkeit und Härte. Auch die Zeitstandsfestigkeit sowie der Widerstand gegen schnelle Rissfortpflanzung konnte deutlich verbessert werden.
Somit eignet sich dieses Material z.B. für die Herstellung von Druckrohren größerer Dimensionen, da im Vergleich zu den herkömmlichen Druckrohren aus PE mit geringeren Wanddicken die entsprechende Druckstufe erreicht wird.

Modifiziertes Polyethylen PE 80-el (Polyethylen, elektrisch leitfähig)

Aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit wird PE 80-el häufig für den Transport von leicht brennbaren Medien oder zum Transport von Stäuben eingesetzt, da diese Rohrleitungssysteme geerdet werden können.



Chemische Strukturformel von Polyethylen

Allgemeine Materialeigenschaften von PP

Bei Polypropylen unterscheidet man nach DIN 8078 drei verschiedene Typen:

Typ 1:PP-H (Homopolymerisat)
Typ 2:PP-B (Block- Copolymerisat)
Typ 3:PP-R (Random-Copolymerisat)

Durch die Co-Polymerisation mit Ethylen werden bei den PP-Typen 2 und 3 spezielle Eigenschaften erreicht, die sich in einer verbesserten Verarbeitbarkeit (zB geringere Gefahr von Lunkerbildung in der Spritzgussfertigung) und höherer Schlagzähigkeit der Produkte im Vergleich zu PP-H bemerkbar machen.

PP-R und Kupfer

Ein direkter Kontakt zwischen Kupfer und PP-R bewirkt, besonders bei höheren Temperaturen, eine Schädigung des PP-R. Grund dafür ist die beschleunigte Thermooxidation und die damit verbundene schnellere Wärmealterung.

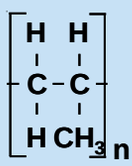
Physiologische Unbedenklichkeit

Polypropylen entspricht in seiner Zusammensetzung den einschlägigen lebensrechtlichen Bestimmungen (nach ONORM B 5014 Teil 1, FDA, BGA, KTW-Richtlinien).

AGRU-Rohre, -Platten und -Vollstäbe werden bereits seit Mitte der Siebziger Jahre aus dem β-nukleierten PP-H (Beta(β)-PP) hergestellt.
Formstücke werden seit Ende der Siebziger Jahre aus PP-R (Polypropylen-Random-Copolymerisat) hergestellt.
Beide Typen sind hochwärmestabilisiert und bestens geeignet für die Herstellung von druckbeanspruchten Rohrleitungssystemen.

Im Vergleich zu anderen Thermoplasten wie PE und PVC weist PP eine Temperaturbeständigkeit bis 100°C (kurzzeitig bis 120°C für drucklose Systeme) auf.

PP zeigt im Vergleich zu PVC ein gutes Schlagverhalten. Die Schlagzähigkeit ist temperaturabhängig und nimmt mit steigender Temperatur zu bzw. mit fallender Temperatur ab.



Chemische Strukturformel von PP

Vorteile von Polypropylen

- niedrige Dichte von 0,91g/cm^3 (PVC 1,40g/cm^3)
- hohe Zeitstandfestigkeit
- sehr gute chemische Beständigkeit
- TiO_2-Pigmentierung
- hohe Alterungsbeständigkeit
- gute Verschweißbarkeit
- sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- glatte Rohrinnenoberfläche, daher keine Ablagerungen und kein Zuwachsen möglich
- durch geringen Reibungswiderstand geringere Druckverluste als z.B. bei Metallen
- nicht leitend, daher keine Beeinträchtigung der Struktur durch Kriechströme
- sehr gut thermoplastisch verformbar (zB durch Tiefziehen)
- PP ist ein schlechter Wärmeleiter, daher ist in vielen Fällen keine Wärmeisolation bei Heißwasserleitungen notwendig

Allgemeine Eigenschaften von Polypropylen (Standardtypen)

Verhalten bei Strahlenbelastung
Gegenüber energiereicher Strahlung ist Polypropylen im allgemeinen nicht dauerhaft beständig.
Bei Einwirkung energiereicher Strahlen auf Polypropylen kann es zu einer vorübergehenden Festigkeitserhöhung durch Vernetzung der Molekularstruktur kommen. Bei dauerhafter Strahlenbelastung kommt es aber zu einem Bruch der Molekülketten und damit durch die Schädigung des Werkstoffes zu einer erheblichen Festigkeitsminderung. Diesem Verhalten ist durch einen Abminderungsfaktor Rechnung zu tragen, der experimentell ermittelt werden muss.
Bei einer absorbierten Energiedosis von 10^4 Gray sind Polypropylenrohrleitungen ohne wesentliche Festigkeitsminderung einsetzbar.

Verhalten von PP bei UV-Strahlung
Rohrleitungen aus grauem Polypropylen sind nicht UV-stabilisiert und müssen daher entsprechend geschützt werden. Als wirksamer Schutz gegen direkte Sonneneinstrahlung wäre ein Schutzanstrich (AGRU-Coating) oder eine Isolierung möglich.
Weiters ist es auch möglich, die auftretende Schädigung der Oberfläche durch einen entsprechenden Wanddickenzuschlag zu kompensieren, da die Schädigung nur oberflächlich auftritt. Der Wanddickenzuschlag darf dabei 2 mm nicht unterschreiten.
Da Polypropylen normalerweise nicht mit lichtstabilen Farbpigmentierungen ausgestattet ist, kann es bei langjähriger Freibewitterung zu einer Farbveränderung (Ausbleichen) kommen.
Alternativ dazu kann auch eine hochtemperaturbeständige, schwarze PE-HD Type verwendet werden (Die Betriebsbedingungen sind mit der anwendungstechnischen Abteilung abzuklären.).

Allgemeine Materialeigenschaften von PP

PP-Sondertypen - Allgemeine Eigenschaften

Aufgrund der sehr zahlreichen spezifischen Anforderungen im chemischen Rohrleitungs- und Apparatebau wurden schwer entflammbare bzw. elektrisch leitfähige Sondertypen entwickelt.
Z.B. können beim Betrieb von thermoplastischen Rohrleitungssystemen statische Aufladungen durch die Strömung von Flüssigkeiten oder Stäuben entstehen. Daher wurden elektrisch leitfähige Polypropylentypen entwickelt, damit diese Rohrleitungssysteme geerdet werden können.

Durch Beimengung von Additiven werden diese modifizierten Eigenschaften erreicht. Dadurch ergeben sich jedoch Veränderungen der mechanischen, thermischen und auch der chemischen Eigenschaften im Vergleich zur Standardtype.

Es ist daher notwendig, alle Projekte mit der anwendungstechnischen Abteilung abzuklären.

Physiologische Eigenschaften

Modifizierte PP-Typen (schwer entflammbares PP-s bzw. elektrisch leitfähiges PP-s-el) entsprechen in ihrer Zusammensetzung aufgrund der Beimengung von Additiven bzw. wegen des hohen Rußgehaltes nicht den einschlägigen lebensrechtlichen Bestimmungen und sind daher für Trinkwasserrohre und den Kontakt mit Lebensmitteln nicht geeignet.

Unterschiede gegenüber den Standardtypen von PP

PP-R, schwarz:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, schwarz eingefärbt)
Der wesentliche Vorteil dieser schwarz eingefärbten Materialtype liegt in der UV-Beständigkeit, die bei dem grauen PP nicht vorhanden ist.
Allerdings ist eine geringe Abnahme der Schlagzähigkeit zu vermerken.

PP-R, natur:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, natur)
Da PP-R natur keinerlei Farbadditive enthält, wird es vor allem für Reinstwasser-Rohrleitungssysteme verwendet. Jedoch ist dieses Material nicht UV-beständig.

PP-s:

(Polypropylen-Homopolymerisat, schwer entflammbar)
Aufgrund der höheren Steifheit von PP-s eignet es sich besonders für Lüftungsrohre, Abgasleitungen und auch Kaminsysteme .
Für den Einsatz im Freien ist es aber aufgrund der fehlenden UV-Stabilisierung ohne Schutzmaßnahmen nicht geeignet.

PP-s-el:

(Polypropylen-Random-Copolymerisat, schwer entflammbar, elektrisch leitfähig)
Dieses Material vereint die positiven Eigenschaften der schwer entflammbaren und elektrisch leitfähigen PP-Typen. Es wird daher aus Sicherheitsgründen vor allem für den Transport von leicht entzündbaren Medien eingesetzt und ersetzt sehr oft teure Edelstahlleitungen.

Mit einer reduzierten Schlagzähigkeit und Zeitstandfestigkeit von PP-s-el sowie einer geringfügig veränderten chemischen Beständigkeit ist jedoch zu rechnen (siehe Anmerkung auf Seite 16).

Allgemeine Materialeigenschaften von PVDF (Polyvinylidenfluorid)

PVDF ist besonders rein und enthält im Gegensatz zu vielen anderen Kunststoffen keine Stabilisatoren (UV-, Thermostabilisatoren,...), Weichmacher, Gleitmittel oder flammenhemmende Zusätze. Es eignet sich daher besonders für Reinstwasseranlagen und den Transport von chemisch reinen Flüssigkeiten in der Halbleiter-Industrie. Wegen seiner chemischen Reaktionsträgheit ist eine Verunreinigung des betreffenden Mediums nahezu ausgeschlossen.

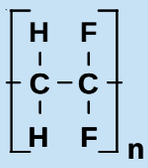
Rohre und Apparate, die aus geeigneten Standard-Typen hergestellt werden, erfüllen die strengen Anforderungen der Halbleiter-Industrie; sie sind beispielsweise in der Lage, den spezifischen Widerstand von entionisiertem ultrareinem Wasser von mehr als 18 MΩcm aufrechtzuerhalten.

PVDF bietet mit seinen Eigenschaften einen ausgezeichneten Kompromiss, verbunden mit einer äußerst einfachen Verarbeitung und einem vorteilhaften Preis-Leistungs-Verhältnis.

PVDF hat wie alle anderen Thermoplaste die typischen Eigenschaften wie:

- gute Verschweißbarkeit
- gute Verarbeitbarkeit
- gute Warmverformbarkeit

PVDF zeichnet sich im Vergleich zu PTFE (Polytetrafluorethylen) durch seine hohe mechanische Festigkeit und seine sehr gute chemische Beständigkeit auch bei höheren Temperaturen aus.



Chemische Strukturformel von PVDF

Vorteile von PVDF

- Breiter Temperaturanwendungsbereich
- Hohe Wärmeformbeständigkeit
- Sehr gute chemische Beständigkeit, auch in Verbindung mit höheren Temperaturen
- Gute Beständigkeit gegen UV- und γ-Strahlung - dadurch hervorragende Alterungsbeständigkeit
- Ausgezeichnete Abriebfestigkeit (geringe Reibungszahl)
- Sehr gute Gleiteigenschaften
- Gute mechanische Eigenschaften
- Hervorragende Isolationseigenschaften in Verbindung mit sehr guten elektrischen Werten
- Schwer entflammbar
- Physiologische Unbedenklichkeit
- Gute und einfache Bearbeitbarkeit

PVDF besitzt als Halogenverbindung schon ohne flammhemmende Additive ein ausgezeichnetes Brandschutzverhalten.
Darüber hinaus tritt nur schwache Rauchentwicklung bei der Verbrennung von PVDF auf.
Wie jede andere organische Substanz ist jedoch auch PVDF brennbar und kann sich bei ausreichender Umgebungswärme entzünden.

Löslichkeit

Das PVDF-Homopolymerisat quillt in stark polaren Lösemitteln wie z.B. Aceton und Ethylacetat und ist in aprotischen polaren Lösemitteln, wie z.B. Dimethylformamid und Dimethylacetamid, löslich.

Allgemeine Materialeigenschaften von ECTFE (Ethylenchlortrifluorethylen)

ECTFE besitzt eine einzigartige Kombination von Eigenschaften, die ein Ergebnis seiner chemischen Struktur sind - ein Copolymer mit wechselweiser Anordnung von Ethylen und Chlortrifluorethylen.

Physiologische Eigenschaften

ECTFE eignet sich gemäß "BGA Deutschland" für die sichere Verwendung von Gegenständen, die zum wiederholten Kontakt mit Nahrungsmitteln bestimmt sind.
Um auch jegliche Geruchs- und Geschmacks-einflüsse zu verhindern, ist es ratsam, die mit Lebensmitteln in Kontakt stehenden ECTFE-Teile mit Wasser zu reinigen.

Thermische Eigenschaften

ECTFE ist hervorragend beständig gegen Zersetzung durch Wärme, starke Strahlen und Bewitterung. Es widersteht für längere Zeit Temperaturen von 150°C und gehört zu den strahlenbeständigsten Kunststoffen.

Witterungsbeständigkeit

ECTFE zeigt nur sehr geringe Veränderungen in Eigenschaften oder Aussehen bei Außen-bewitterung in Sonnenlicht. Geraffte Bewitterungs-tests zeigen die bemerkenswerte Stabilität des Polymers. Dies gilt besonders für die Reissdehnung, die ein guter Indikator für die Polymer-Zersetzung ist. Sogar nach 1000 Stunden in einem Weather-Ometer mit Xenon-Licht sind die wichtigsten Eigenschaften kaum beeinflusst.

Strahlenbeständigkeit

ECTFE zeigt eine hervorragende Beständigkeit gegen verschiedenste Strahlen. Es behält auch nach Bestrahlung mit 200 Megarad Kobalt 60 gute Werte.

Mechanische Eigenschaften

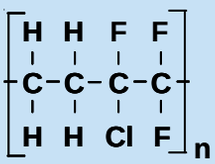
ECTFE ist ein harter, hochschlagfester Kunststoff, der seine Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich kaum ändert. Neben der guten Schlagzähigkeit besitzt ECTFE gute Zugfestigkeit und gutes Abriebverhalten. Herauszuheben ist sein gutes Verhalten bei niedrigen Temperaturen, besonders die hohe Schlagzähigkeit.

Vorteile von ECTFE

- Breiter Temperaturanwendungsbereich (thermische Beständigkeit bis kurzzeitig max. 150°C)
- Gute Beständigkeit gegenüber UV- und γ-Strahlung, dadurch hervorragende Alterungsbeständigkeit
- Schwer entflammbar (UL94-V0 Material)
- Sauerstoffindex 60
- Ausgezeichnete Abriebfestigkeit
- Außerordentlich gute chemische Beständigkeit gegenüber den meisten technischen Säuren, Basen und Lösungsmittel sowie auch in Kontakt mit Chlor
- Hervorragende Isolationseigenschaften in Verbindung mit sehr guten elektrischen Werten
- Physiologische Unbedenklichkeit
- Sehr gute Gleiteigenschaften

Vermehrung von Mikroorganismen

Die Oberfläche eines Teiles aus ECTFE bildet für die Vermehrung von Mikroorganismen einen ebenso ungünstigen Nährboden wie Glas. So lautet das Schlussergebnis einer Untersuchung, die im Zuge der Überprüfung auf HP-Tauglichkeit von ECTFE durchgeführt wurde.
Aufgrund dieser Eigenschaften wird ECTFE in der Lebensmittelindustrie eingesetzt und ist auch im Reinstwasserbereich verwendbar.



Chemische Strukturformel von ECTFE

Spezifische Werkstoffeigenschaften PE

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PE80	PE100	PEHD-el
	Spezifische Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm^3	0,94	0,95	0,99
	Melt flow index MFR 190/5 MFR 190/2,16 MFR 230/5 MFI range	ISO 1133 ISO1872/1873	g/10min	 0,9 T012	 0,3 <0,1 T003	 T001
Mechanische Eigenschaften	Streckspannung	ISO 527	MPa	20	25	26
	Streckdehnung	ISO 527	%	10	9	7
	Bruchdehnung	ISO 527	%	>600	>600	
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m^2	kein Bruch kein Bruch	kein Bruch kein Bruch	
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m^2	12 4,5	16 6	5,0 3,0
	Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	36	46	
	Biegesteifigkeit (3,5% Biegespannung)	ISO 178	MPa	18	24	
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	750	1100	1150
Thermische Eigenschaften	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	63	77	83
	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	60	75	
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K^{-1} x 10^{-4}	1,8	1,8	1,8
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,4	0,4	0,43
	Entflammbarkeit	UL94 DIN 4102	–	94-HB B2	94-HB B2	 B2
Elektrische Eigenschaften	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10^{16}	>10^{16}	≤10^8
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10^{13}	>10^{13}	≤10^6
	relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	–	2,3	2,3	
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	70	70	
	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	–	Ja	Ja	Nein
	FDA	–	–	Ja	Ja	Nein
	UV Stabilisierung	–	–	Russ	Russ	Russ
	Farbe	–	–	schwarz	schwarz	schwarz

Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

Spezifische Werkstoffeigenschaften PP

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PP-H	PP-R	PP-B	PP-s	PP-s-el
	Spezifische Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm^3	0,91	0,91	0,91	0,93	1,13
	Melt flow index	ISO 1133	g/10min				0,8	
	MFR 190/5			0,5		0,5		
	MFR 190/2,16						2,0	0,6
	MFR 230/5			1,25	1,25	1,3		
	MFI range	ISO1872/1873		M003				
Mechanische Eigenschaften	Streckspannung	ISO 527	MPa	30	25	26	30	29,9
	Streckdehnung	ISO 527	%	10	12	10	10	
	Bruchdehnung	ISO 527	%	>300	>300	>50	>50	43
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m^2	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	kein Bruch	
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C					80	28	
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C	ISO 179	kJ/m^2	8	22	40	9	9,5
	Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C			2,8	4	8	2,8	-
	Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C			2,2	2,5	3,2	2,2	2,3
	Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	60	45	50	72	
	Biegesteifigkeit (3,5% Biegespannung)	ISO 178	MPa	28	20	20	37	
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	1300	900	1100	1300	
Thermische Eigenschaften	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	91	65	68	85	133
	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	96	70	75	85	47
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K^{-1} x 10^{-4}	1,6	1,6	1,6	1,6	
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,22	0,24	0,2	0,2	
	Entflammbarkeit	UL94	–	94-HB	94-HB	94-HB	V-2	V-0
		EN 13501					E(d2)	
		DIN 4102		B2	B2	B2	B1*)	
Elektrische Eigenschaften	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10^{16}	>10^{16}	>10^{15}	>10^{15}	≤10^8
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10^{13}	>10^{13}	>10^{15}	>10^{15}	≤10^6
	relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	–	2,3	2,3			
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	75	70	30 bis 40	30 bis 45	
	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	–	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
	FDA	–	–	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
	UV Stabilisierung	–	–	Nein	Nein		Nein	Ja
	Farbe	–	–	Ral 7032 grau	RAL 7032 grau		RAL 7037 dunkelgrau	schwarz

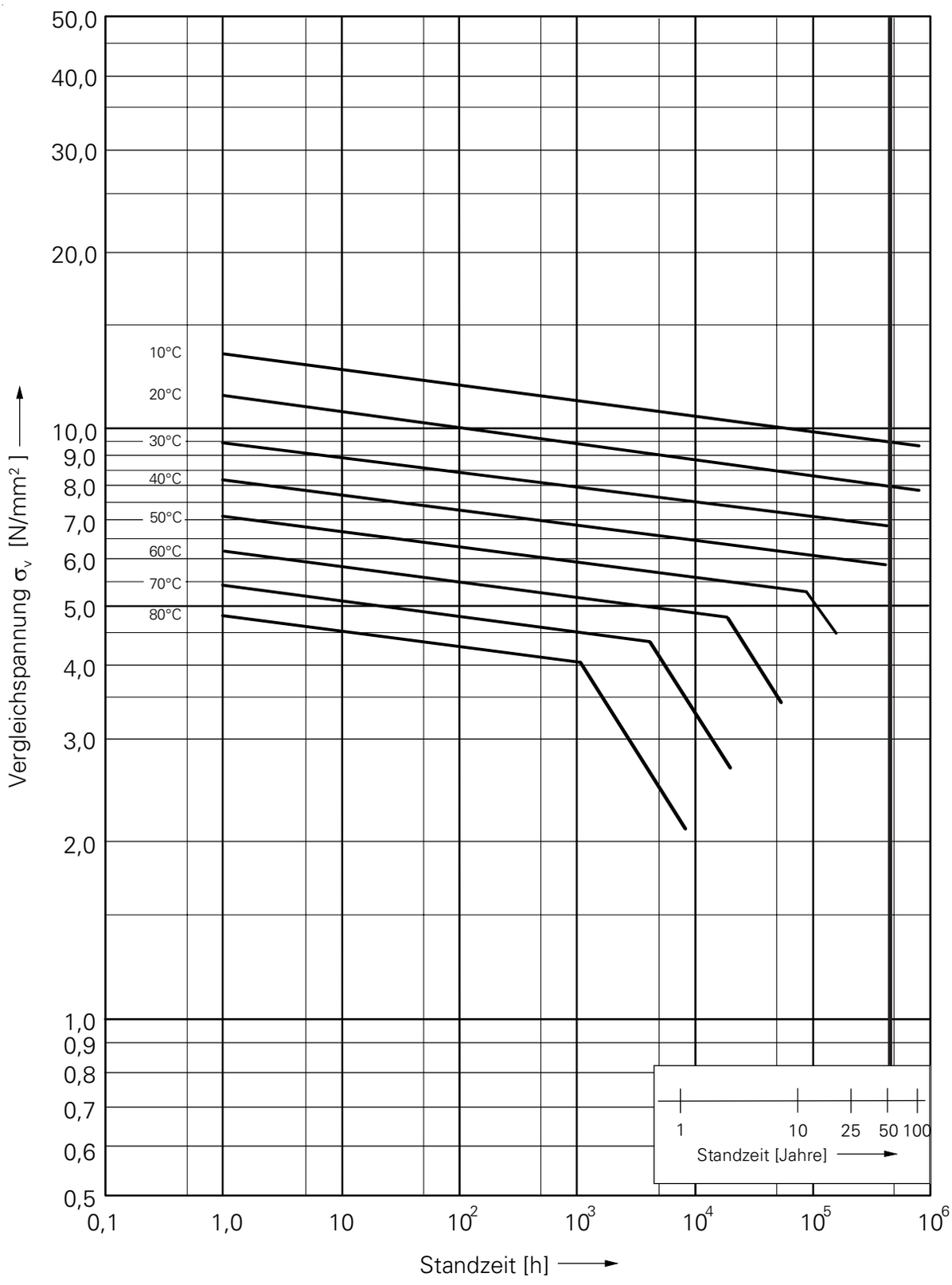
Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

Spezifische Werkstoffeigenschaften PVDF und ECTFE

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PVDF	PVDF flex	ECTFE
	Spezifische Dichte bei 23°C	ISO 1183	g/cm^3	1,78	1,78	1,68
	Melt flow index MFR 190/5 MFR 190/2,16 MFR 230/5 MFI range	ISO 1133	g/10min	 6	 6	 0,85
Mechanische Eigenschaften	Streckspannung	ISO 527	MPa	50	20-35	30
	Streckdehnung	ISO 527	%	9	10-12	5
	Bruchdehnung	ISO 527	%	80	200-600	250
	Schlagzähigkeit ungekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit ungekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m^2	124	- -	kein Bruch
	Schlagzähigkeit gekerbt bei +23°C Schlagzähigkeit gekerbt bei 0°C Schlagzähigkeit gekerbt bei -30°C	ISO 179	kJ/m^2	11	17 - -	kein Bruch
	Kugeldruckhärte nach Rockwell	ISO 2039-1	MPa	80	-	90
	Biegesteifigkeit	ISO 178	MPa	80	-	47
	Elastizitätsmodul	ISO 527	MPa	2000	1000-1100	1690
Thermische Eigenschaften	Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	ISO 306	°C	140	150	
	Wärmeformbeständigkeit HDT/B	ISO 75	°C	145	-	90
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K^{-1} x 10^{-4}	1,2	1,4-1,6	0,8
	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C	DIN 52612	W/(mxK)	0,20	0,2	0,15
	Entflammbarkeit	UL94 EN 13501 FM 4910	--	V-0 B ja	V-0	V-0 – –
Elektrische Eigenschaften	Spezifischer Durchgangswiderstand	VDE 0303	OHM cm	>10^{13}	≥10^14	>10^{16}
	Spezifischer Oberflächenwiderstand	VDE 0303	OHM	>10^{12}	≥10^14	>10^{14}
	relative Dielektrizitätskonstante bei 1 MHz	DIN 53483	--	7,25	7	2,6
	Durchschlagfestigkeit	VDE 0303	kV/mm	22	20	30 bis 35
	Physiologisch unbedenklich	EEC 90/128	--	Ja	compliant	Ja
	FDA	–	--	Ja		in Vorbereitung
	UV Stabilisierung	–	--	Ja		Ja
	Farbe	–	--	natur	natural	natur

Hinweis: Die angegebenen Werte sind Richtwerte für den jeweiligen Werkstoff.

Zeitstandskurve PE80



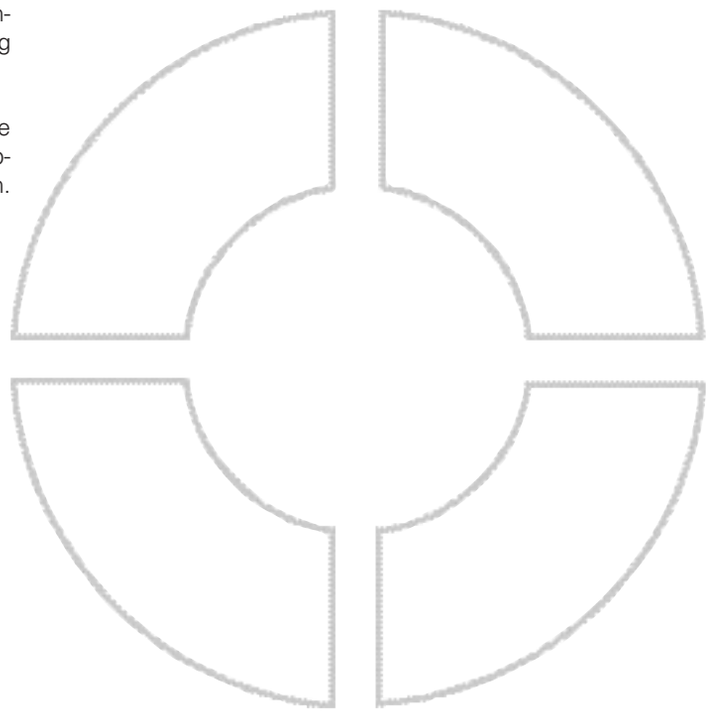
Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PE 80 in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor C = 1,25 aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

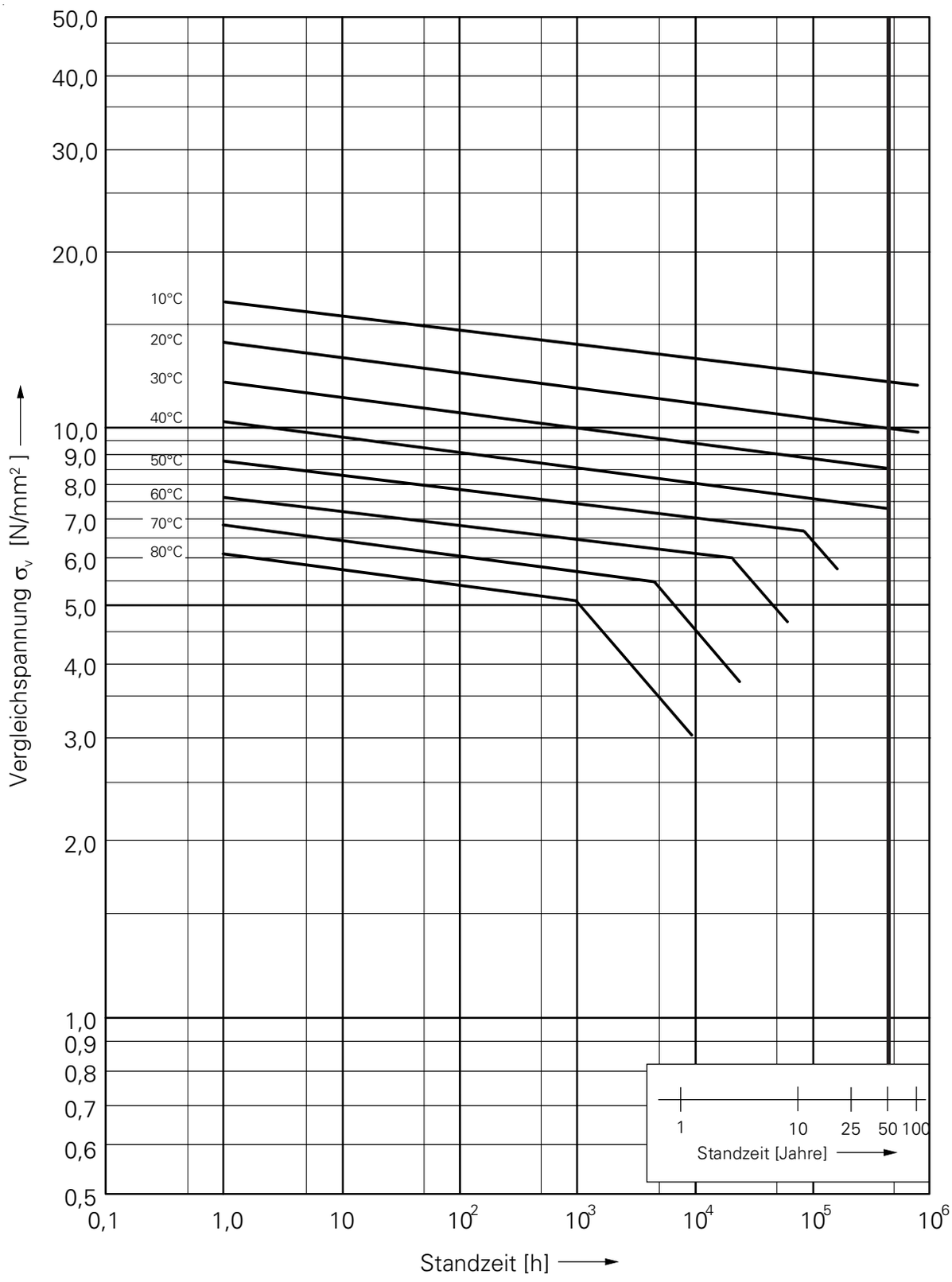
Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
		3,2	4	5	7,7	12,5	20	25
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB 1) 2) [bar]						
10	5	4,0	5,0	6,3	9,4	15,8	25,3	31,6
	10	3,9	4,9	6,2	9,3	15,5	24,8	31,0
	25	3,8	4,8	6,0	9,0	15,1	24,2	30,3
	50	3,8	4,7	5,9	8,9	14,8	23,8	29,7
	100	3,7	4,6	5,8	8,7	14,6	23,3	29,2
20	5	3,4	4,2	5,3	7,9	13,2	21,2	26,5
	10	3,3	4,1	5,2	7,8	13,0	20,8	26,0
	25	3,2	4,0	5,0	7,6	12,7	20,3	25,4
	50	3,2	4,0	5,0	7,5	12,5	20,0	25,0
	100	3,1	3,9	4,9	7,3	12,2	19,6	24,5
30	5	2,8	3,6	4,5	6,7	11,2	18,0	22,5
	10	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,7	22,1
	25	2,7	3,4	4,3	6,4	10,8	17,3	21,6
	50	2,7	3,3	4,2	6,3	10,6	16,9	21,2
40	5	2,4	3,1	3,8	5,8	9,6	15,5	19,3
	10	2,4	3,0	3,8	5,7	9,5	15,2	19,0
	25	2,3	2,9	3,7	5,5	9,2	14,8	18,5
	50	2,3	2,9	3,6	5,4	9,1	14,5	18,2
50	5	2,1	2,6	3,3	5,0	8,4	13,4	16,8
	10	2,0	2,5	3,2	4,8	8,1	12,9	16,2
	15	1,8	2,2	2,8	4,3	7,1	11,4	14,3
60	5	1,4	1,8	2,2	3,3	5,6	9,0	11,3
70	2	1,1	1,3	1,7	2,6	4,3	6,9	8,7

[1] ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

[2] ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.



Zeitstandskurve PE 100



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PE 100 in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor C = 1,25 aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8	5	3,2	2,5
		PN						
		4	5	6,3	10	16	25	32
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB 1) 2) [bar]						
10	5	5,0	6,3	7,9	12,6	20,2	31,5	40,4
	10	4,9	6,2	7,8	12,4	19,8	31,0	39,7
	25	4,8	6,0	7,6	12,1	19,3	30,2	38,7
	50	4,7	5,9	7,5	11,9	19,0	29,7	38,0
	100	4,6	5,8	7,3	11,6	18,7	29,2	37,4
20	5	4,2	5,3	6,6	10,6	16,9	26,5	33,9
	10	4,1	5,2	6,5	10,4	16,6	26,0	33,3
	25	4,0	5,0	6,4	10,1	16,2	25,4	32,5
	50	4,0	5,0	6,3	10,0	16,0	25,0	32,0
	100	3,9	4,9	6,1	9,8	15,7	24,5	31,4
30	5	3,6	4,5	5,6	9,0	14,4	22,5	28,8
	10	3,5	4,4	5,5	8,8	14,1	22,1	28,3
	25	3,4	4,3	5,4	8,6	13,8	21,6	27,6
	50	3,3	4,2	5,3	8,4	13,5	21,2	27,1
40	5	3,0	3,8	4,8	7,7	12,3	19,3	24,7
	10	3,0	3,8	4,7	7,6	12,1	19,0	24,3
	25	2,9	3,7	4,6	7,4	11,8	18,5	23,7
	50	2,9	3,6	4,5	7,2	11,6	18,2	23,3
50	5	2,6	3,3	4,2	6,7	10,7	16,7	24,4
	10	2,6	3,2	4,0	6,5	10,4	16,2	20,3
	15	2,3	2,9	3,7	5,9	9,5	14,8	19,0
60	5	1,9	2,4	3,0	4,8	7,7	12,1	15,5
70	2	1,5	1,9	2,4	3,9	6,2	9,8	12,5

[1] ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

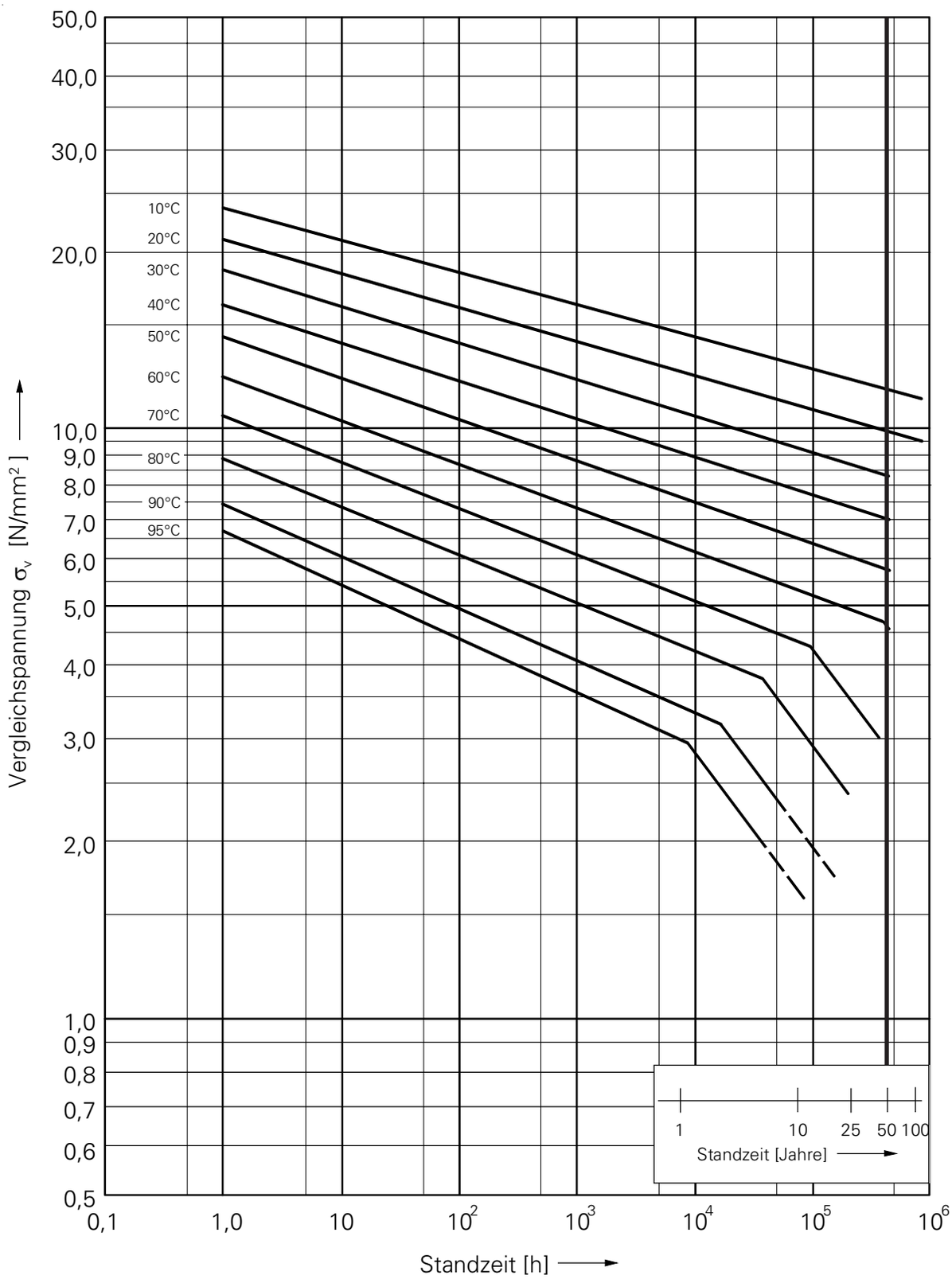
[2] ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.

Bei Rohren und Formstücken aus PE 100 ergibt sich aufgrund der höheren Berechnungsspannung eine kleinere Rohrwanddicke als beim herkömmlichen PE. Sie sind somit bei gleicher Wandstärke für höhere Betriebsdrücke einsetzbar.
Nachfolgender Vergleich der SDR-Reihe, S-Reihe und PN-Druckklassen soll dies verdeutlichen.

SDR	S	PN-Druckklasse PE80	PN-Druckklasse PE100
41	20	3,2	4
33	16	4	5
26	12,5	5	6,3
17,6	8,3	7,5	9,6
17	8	8	10
11	5	12,5	16
7,4	3,2	20	25

gültig für 20°C und 50 Jahre Lebensdauer

Zeitstandskurve PP-H



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PP-H in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem temperaturabhängigen Sicherheitsfaktor C (C = 1,6 von 10 - 40°C, C = 1,4 von 40 - 60°C, C = 1,25 über 60°C) aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
		2,5	3,2	4	6	10	16	20
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB 1) 2) 3) [bar]						
10	1	4,5	5,7	7,2	10,9	18,1	28,7	36,1
	5	4,2	5,2	6,6	10,0	16,6	26,3	33,1
	10	4,0	5,0	6,4	9,6	16,0	25,3	31,8
	25	3,8	4,8	6,1	9,2	15,2	24,1	30,4
	50	3,7	4,6	5,8	8,8	14,6	23,1	29,1
	100	3,5	4,5	5,6	8,5	14,1	22,3	28,1
20	1	3,9	4,9	6,2	9,4	15,6	24,7	31,1
	5	3,6	4,5	5,7	8,6	14,2	22,5	28,4
	10	3,4	4,3	5,5	8,3	13,7	21,7	27,4
	25	3,3	4,1	5,2	7,8	13,0	20,6	25,9
	50	3,1	3,9	5,0	7,5	12,5	19,8	24,9
	100	3,0	3,8	4,8	7,2	12,0	19,0	23,9
30	1	3,4	4,2	5,3	8,0	13,3	21,1	26,6
	5	3,0	3,8	4,8	7,3	12,1	19,2	24,1
	10	2,9	3,7	4,6	7,0	11,6	18,4	23,1
	25	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,4	21,9
	50	2,6	3,3	4,2	6,3	10,5	16,6	20,9
40	1	3,3	4,1	5,2	7,8	13,0	20,6	25,9
	5	2,9	3,7	4,7	7,0	11,7	18,5	23,3
	10	2,8	3,5	4,4	6,7	11,1	17,6	22,2
	25	2,6	3,3	4,2	6,3	10,5	16,7	21,0
	50	2,5	3,2	4,0	6,0	10,0	15,8	19,9
50	1	2,7	3,4	4,3	6,5	10,8	17,2	21,6
	5	2,4	3,1	3,9	5,8	9,7	15,4	19,3
	10	2,3	2,9	3,7	5,6	9,3	14,7	18,5
	25	2,2	2,7	3,5	5,2	8,7	13,8	17,3
	50	2,1	2,6	3,3	5,0	8,3	13,1	16,5
60	1	2,5	3,3	4,0	6,0	10,1	15,9	20,1
	5	2,2	2,8	3,6	5,4	8,9	14,2	17,8
	10	2,2	2,7	3,4	5,2	8,6	13,7	17,2
	25	2,0	2,5	3,2	4,8	8,0	12,6	15,9
	50	1,9	2,4	3,0	4,5	7,5	11,9	15,0
70	1	2,0	2,6	3,2	4,9	8,1	12,9	16,2
	5	1,8	2,3	2,9	4,3	7,2	11,4	14,3
	10	1,7	2,2	2,7	4,1	6,9	10,9	13,7
	25	1,4	1,8	2,2	3,4	5,6	8,9	11,1
	50	1,2	1,5	1,9	2,9	4,8	7,6	9,6
80	1	1,6	2,1	2,6	3,9	6,5	10,4	13,1
	5	1,4	1,8	2,2	3,4	5,6	8,9	11,1
	10	1,2	1,5	1,8	2,8	4,6	7,3	9,2
	25	-	1,2	1,5	2,2	3,7	5,8	7,3
95	1	1,2	1,5	1,8	2,8	4,6	7,3	9,2
	5	-	1,0	1,2	1,8	3,0	4,8	6,1
	(10)[4]	-	-	-	(1,5)[4]	(2,6)[4]	(4,0)[4]	(5,1)[4]

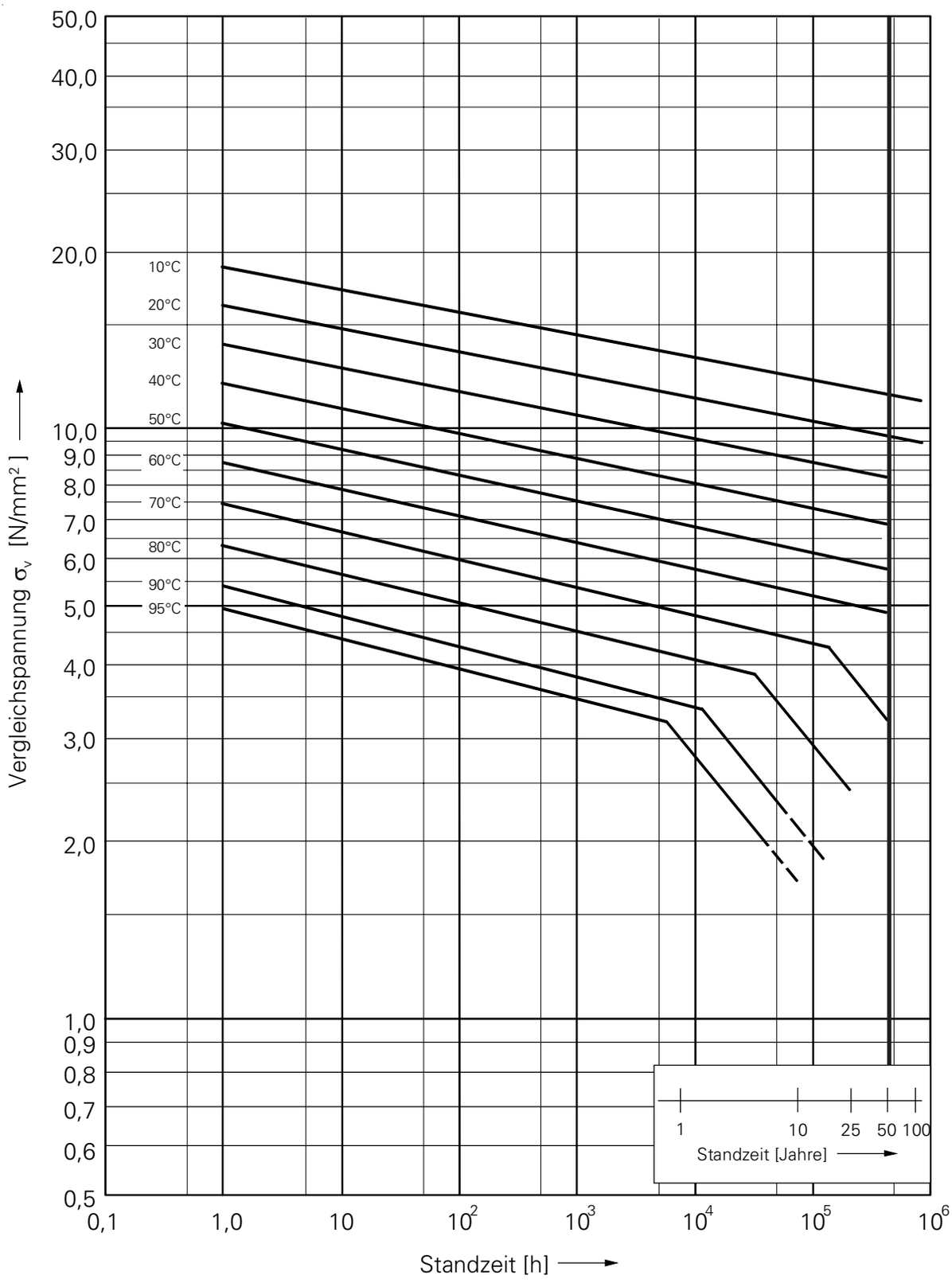
[1] ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

[2] ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.

[3] ... Betriebsdrücke gelten nicht für Rohre, die UV-Belastung ausgesetzt sind. Bis zu 10 Jahren kann diese Beeinflussung durch entsprechende Zusätze zur Formmasse (z.B. Ruß) aufgehoben, bzw. wesentlich reduziert werden.

[4] ... Die Klammerwerte gelten bei Nachweis von längeren Prüfzeiten als 1 Jahr bei der 110°C Prüfung.

Zeitstandskurve PP-R



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PP-R in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser.

Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor C = 1,25 aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt. Für den Sonderwerkstoff PP-s-el müssen aufgrund der verminderten mechanischen Eigenschaften die Standard PP-Bauteil-Betriebsdrücke um 50% reduziert werden!

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR						
		41	33	26	17,6	11	7,4	6
		Rohrserie S						
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
		PN						
		2,5	3,2	4	6	10	16	20
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB 1) 2) 3) [bar]						
10	1	5,3	6,7	8,4	12,7	21,1	33,4	42,0
	5	5,0	6,3	7,9	12,0	20,0	31,6	39,8
	10	4,9	6,1	7,7	11,6	19,3	30,6	38,5
	25	4,7	5,9	7,4	11,2	18,7	29,6	37,3
	50	4,6	5,8	7,2	10,9	18,2	28,8	36,3
	100	4,5	5,6	7,1	10,7	17,7	28,1	35,4
20	1	4,5	5,7	7,2	10,8	18,0	28,6	36,0
	5	4,2	5,4	6,7	10,2	16,9	26,8	33,8
	10	4,1	5,2	6,5	9,9	16,4	26,1	32,8
	25	4,0	5,0	6,4	9,6	16,0	25,3	31,8
	50	3,9	4,9	6,2	9,3	15,5	24,5	30,9
	100	3,8	4,7	6,0	9,0	15,0	23,8	29,9
30	1	3,8	4,8	6,1	9,2	15,3	24,3	30,6
	5	3,6	4,5	5,7	8,6	14,4	22,8	28,7
	10	3,5	4,4	5,5	8,4	13,9	22,0	27,7
	25	3,4	4,2	5,3	8,1	13,4	21,3	26,8
	50	3,3	4,1	5,2	7,9	13,1	20,7	26,4
40	1	3,2	4,1	5,1	7,8	12,9	20,5	25,8
	5	3,0	3,8	4,8	7,3	12,1	19,2	24,2
	10	3,0	3,7	4,7	7,1	11,8	18,7	23,6
	25	2,8	3,6	4,5	6,8	11,3	18,0	22,6
	50	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,5	22,0
50	1	2,8	3,5	4,4	6,6	11,0	17,5	22,0
	5	2,6	3,2	4,1	6,1	10,2	16,2	20,4
	10	2,5	3,1	3,9	6,0	9,9	15,7	19,7
	25	2,4	3,0	3,8	5,8	9,6	15,2	19,1
	50	2,3	2,9	3,7	5,6	9,3	14,7	18,5
60	1	2,3	2,9	3,7	5,6	9,3	14,7	18,5
	5	2,2	2,7	3,4	5,2	8,6	13,7	17,2
	10	2,1	2,6	3,3	5,0	8,3	13,2	16,6
	25	2,0	2,5	3,2	4,8	8,0	12,6	15,9
	50	1,9	2,4	3,1	4,6	7,7	12,1	15,3
70	1	2,0	2,5	3,1	4,7	7,8	12,4	15,6
	5	1,8	2,3	2,9	4,3	7,2	11,4	14,3
	10	1,8	2,2	2,8	4,2	7,0	11,1	14,0
	25	1,5	1,9	2,4	3,6	6,1	9,6	12,1
	50	1,3	1,6	2,0	3,1	5,1	8,1	10,2
80	1	1,6	2,1	2,6	3,9	6,5	10,4	13,1
	5	1,4	1,8	2,3	3,5	5,7	9,1	11,5
	10	1,2	1,5	1,9	2,9	4,8	7,6	9,6
	25	1,0	1,2	1,5	2,3	3,8	6,1	7,6
95	1	1,2	1,5	1,8	2,8	4,6	7,3	9,2
	5	-	1,0	1,2	1,8	3,0	4,8	6,1
	(10)*4)	-	-	(1,0)*4	(1,5)*4	(2,6)*4	(4,0)*4	(5,1)*4

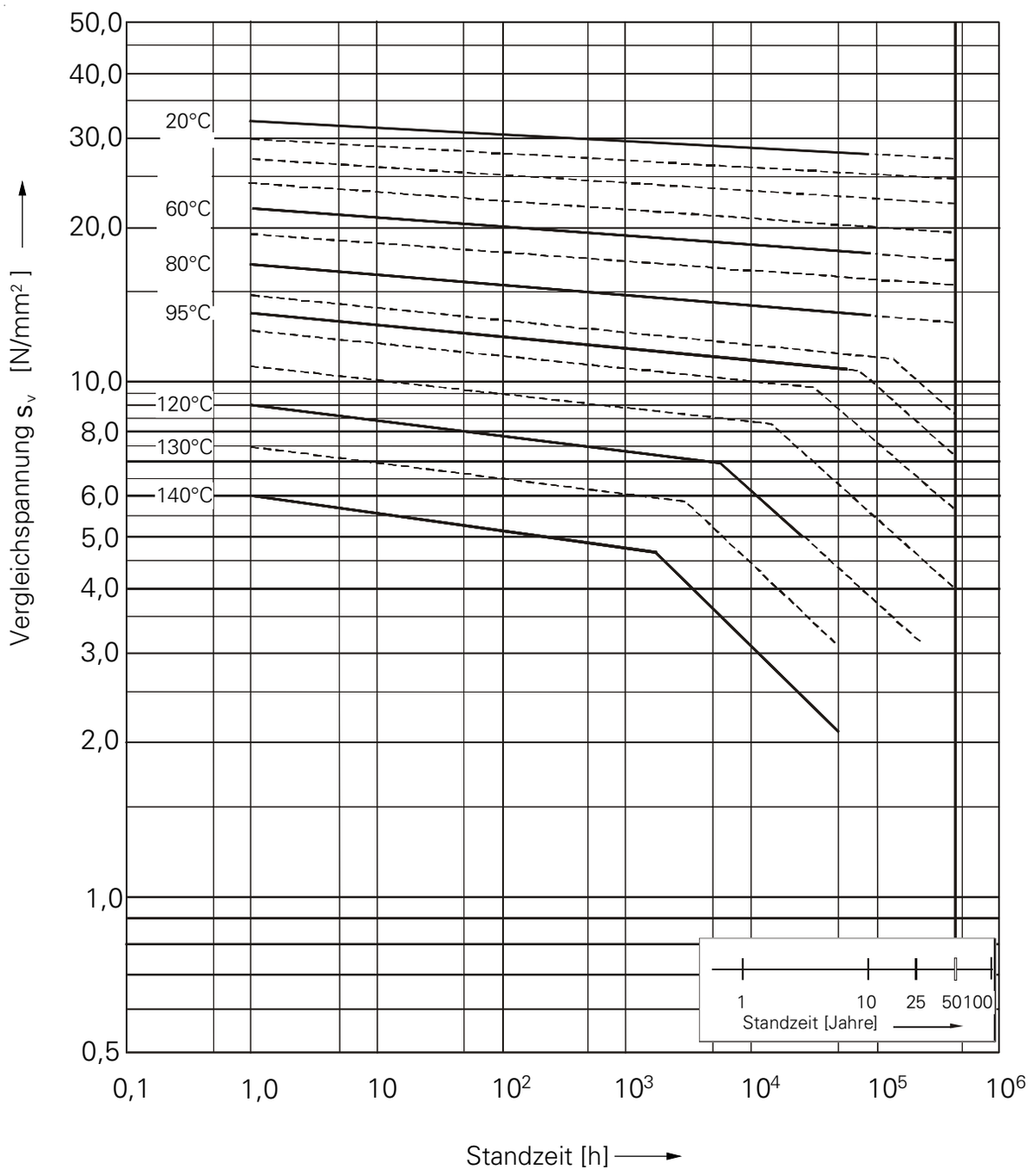
1) ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

2) ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.

3) ... Betriebsdrücke gelten nicht für Rohre, die UV-Belastung ausgesetzt sind. Bis zu 10 Jahren kann diese Beeinflussung durch entsprechende Zusätze zur Formmasse (z.B. Ruß) aufgehoben bzw. wesentlich reduziert werden.

4) ... Die Klammerwerte gelten bei Nachweis von längeren Prüfzeiten als 1 Jahr bei der 110°C Prüfung.

Zeitstandskurve PVDF



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PVDF in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

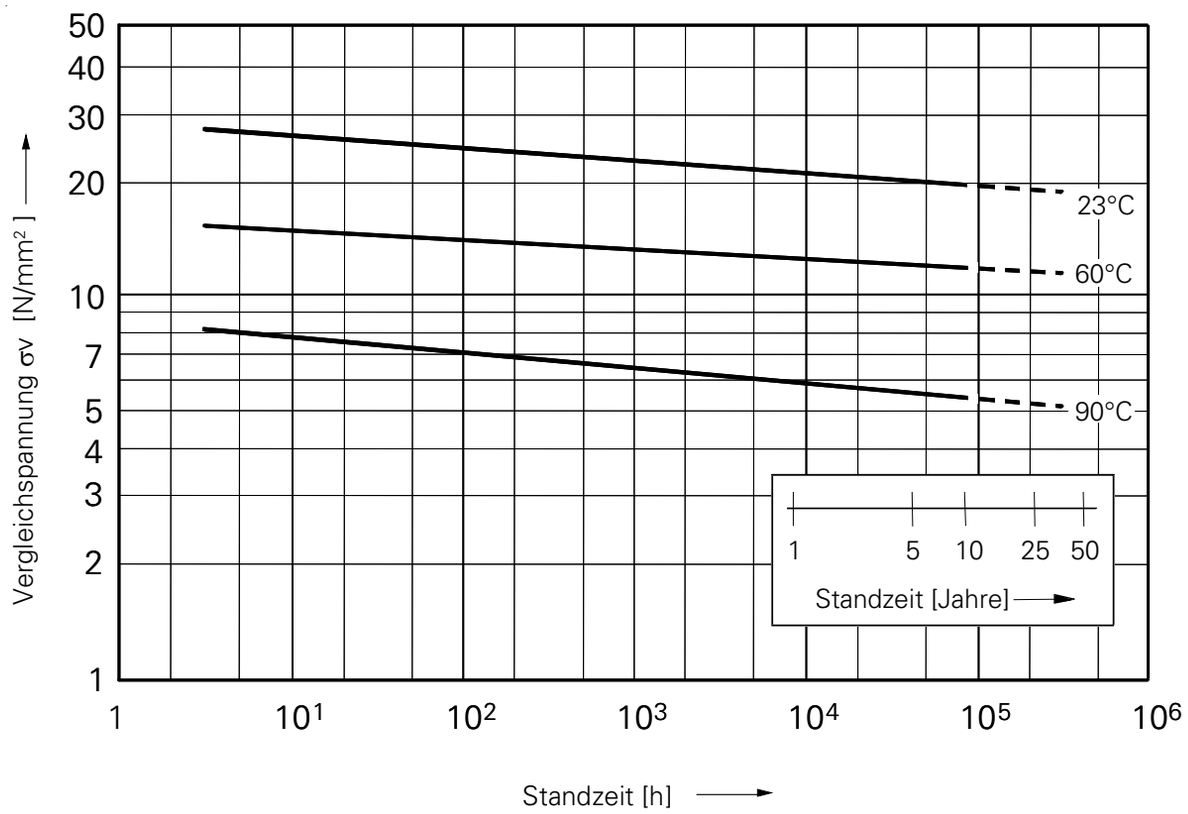
Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor C = 1,6 aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR 33	SDR 21
		Rohrserie S 16	S 10
		PN 10	PN 16
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB [bar] 1) 2)	
20	1	11,5	18,0
	10	11,0	17,3
	25	10,9	17,1
	50	10,8	17,0
30	1	10,2	16,0
	10	10,0	15,8
	25	10,0	15,7
	50	9,7	15,3
40	1	9,2	14,5
	10	9,1	14,3
	25	9,0	14,1
	50	8,8	13,9
50	1	8,3	13,1
	10	8,0	12,6
	25	7,7	12,2
	50	7,6	11,9
60	1	7,4	11,6
	10	7,1	11,1
	25	7,0	11,0
	50	6,9	10,8
70	1	6,6	10,3
	10	6,3	9,9
	25	6,2	9,8
	50	6,1	9,7
80	1	5,6	8,9
	10	5,4	8,4
	25	5,3	8,3
	50	5,2	8,2
95	1	4,4	6,9
	10	4,1	6,4
	25	3,3	5,3
	50	2,9	4,5
110	1	3,2	5,0
	10	2,2	3,5
	25	1,8	2,9
	50	1,6	2,5
120	1	2,5	4,0
	10	1,5	2,4
	25	1,3	2,0

[1] ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

[2] ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.

Zeitstandskurve ECTFE



Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für ECTFE in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer

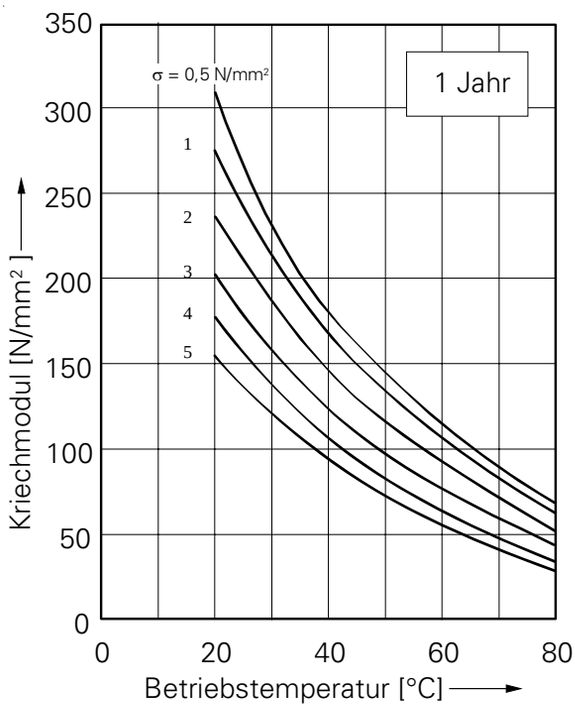
Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor C = 2,0 aus dem Zeitstanddiagramm ermittelt.

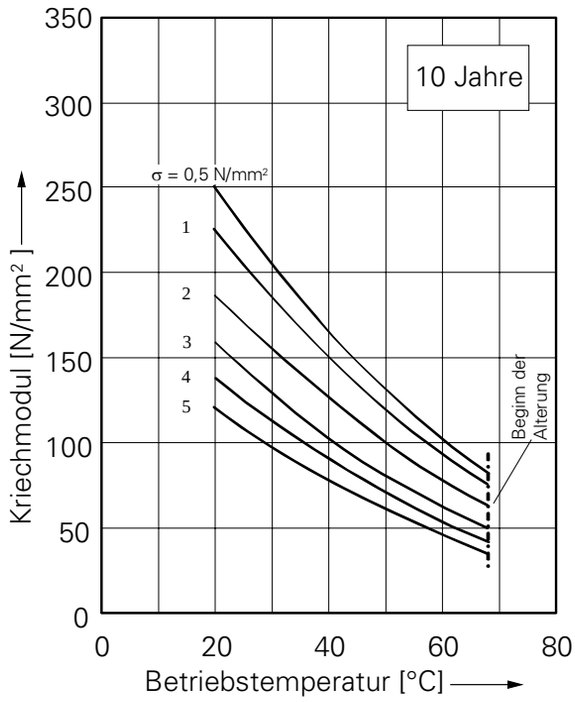
Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	Durchmesser - Wanddickenverhältnis SDR 21	SDR 33
		Rohrserie S 10	S 16
		PN 10	PN 6
		zulässiger Bauteil - Betriebsdruck pB [bar] 1) 2)	
20	1	11,5	7,2
	5	10,5	6,6
	10	10,0	6,3
60	1	6,5	4,0
	5	6,3	3,9
	10	6,0	3,8
90	1	3,0	1,9
	5	2,8	1,8
	10	2,7	1,7

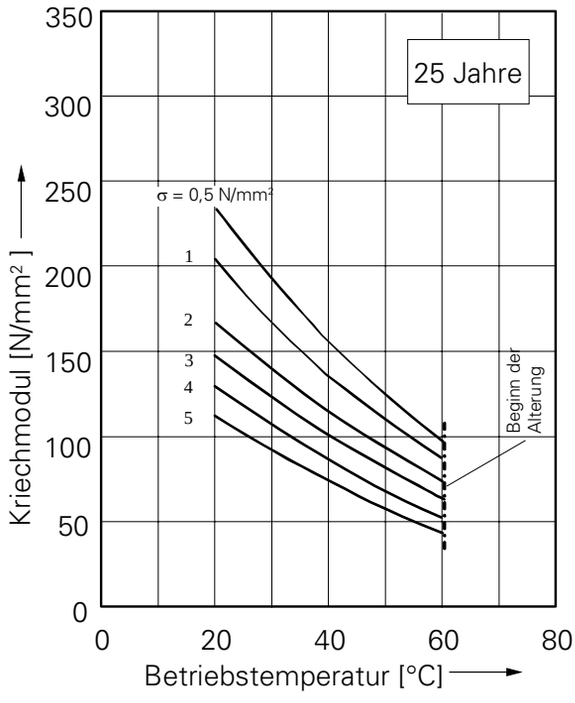
[1] ... Für die Berechnung des Betriebsdruckes in Rohrleitungssystemen wird empfohlen, die in der Tabelle enthaltenen Betriebsdrücke mit einem Systemabminderungsfaktor fs = 0,8 zu multiplizieren (Dieser Wert beinhaltet verlegetechnische Einflüsse, wie Schweißverbindung, Flanschverbindung oder auch Biegebeanspruchungen).

[2] ... Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren (siehe Seite 35) zu reduzieren.

Kriechmodulkurven für PE80 (nach DVS 2205, Teil 1)







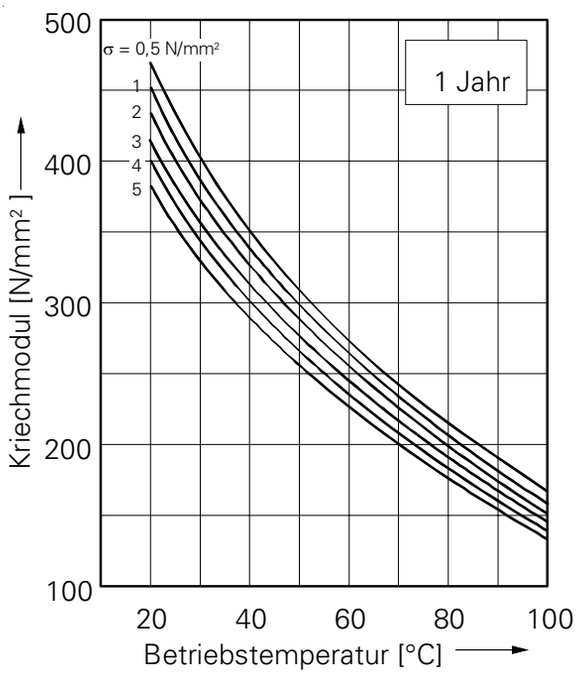
Abminderung des Kriechmodules

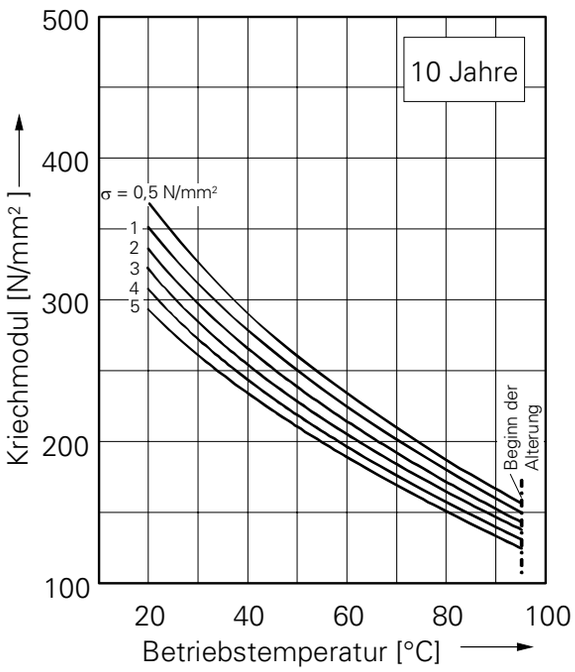
Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.
Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

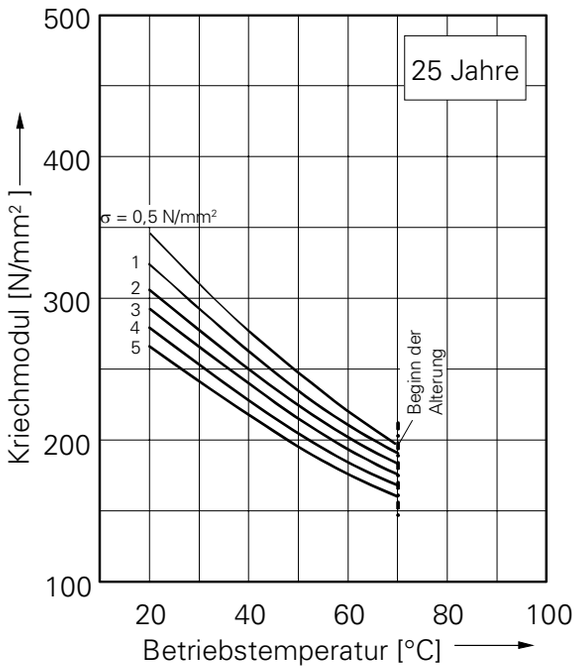
Kriechmodulkurven für PE 100

Da für PE 100 momentan noch keine gültigen Kriechmodulkurven vorliegen, empfehlen wir, die aus den Diagrammen für PE 80 entnommenen Kriechmodulwerte um 10% zu erhöhen.

Kriechmodulkurven für PP-H (nach DVS 2205, Teil 1)



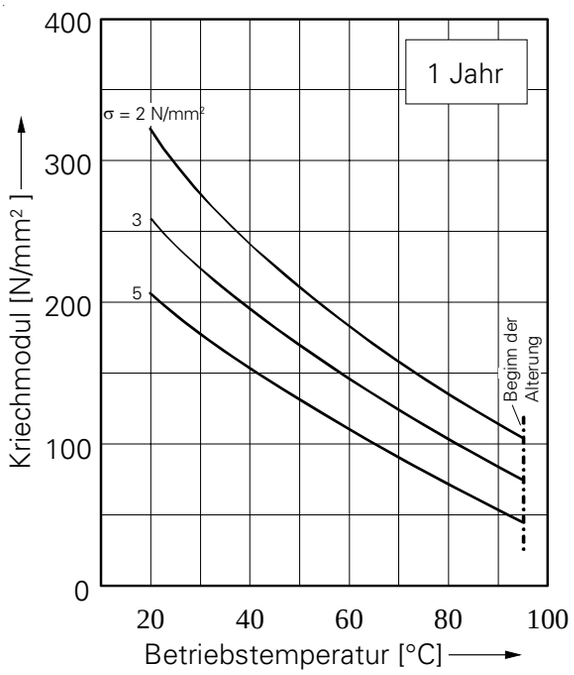


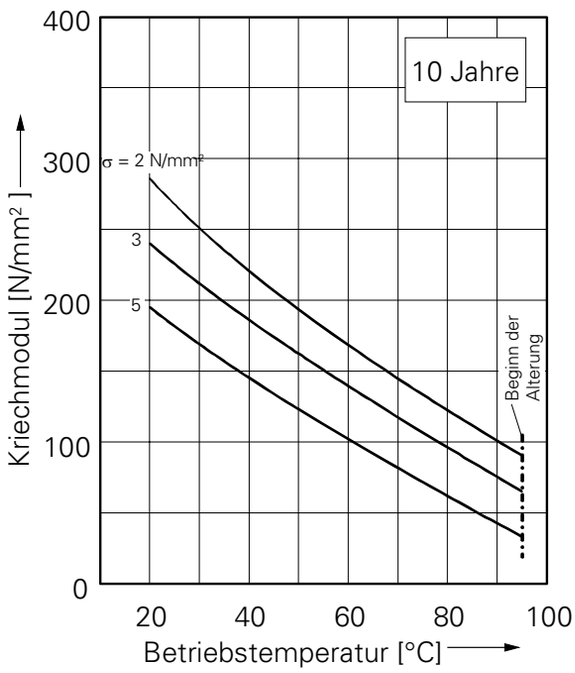


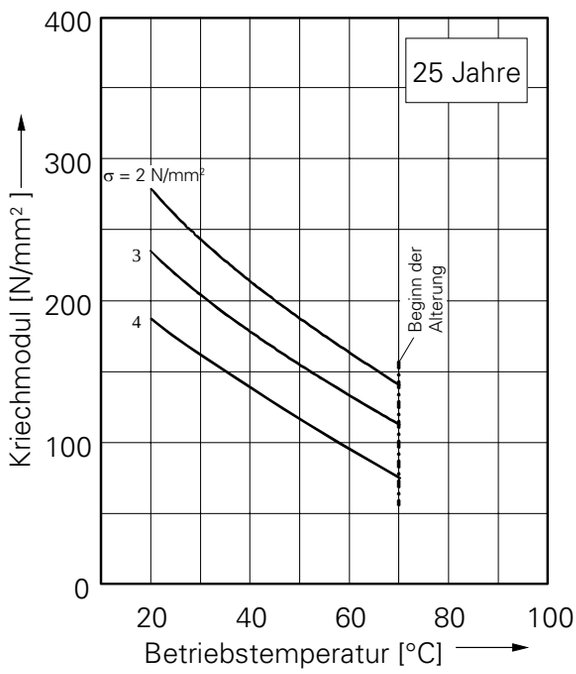
Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.
Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

Kriechmodulkurven für PP-R (nach DVS 2205, Teil 1)



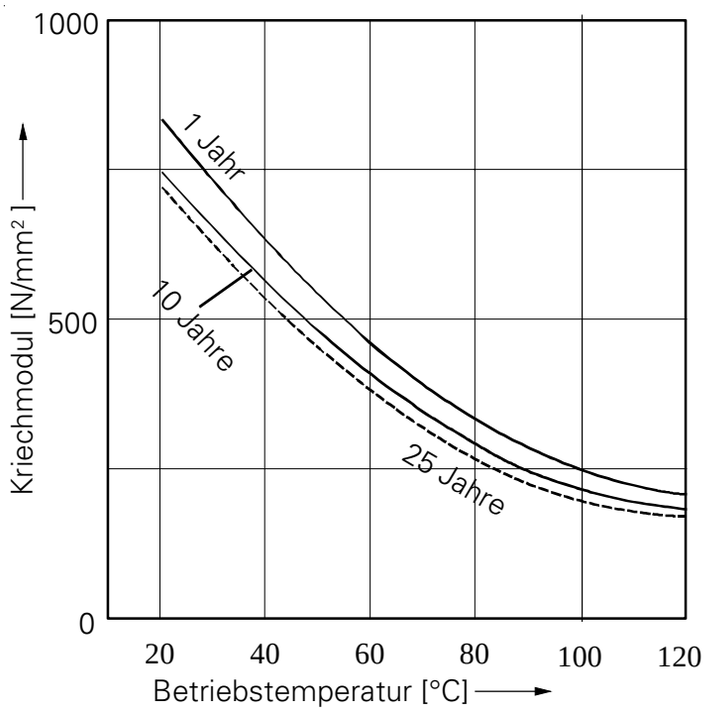




Abminderung des Kriechmodules

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern.
Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

Kriechmodulkurve für PVDF (nach DVS 2205, Teil 1) im Verhältnis zur Temperatur (σ=2 bis 5)



Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für PP-H, PP-R und PE 80

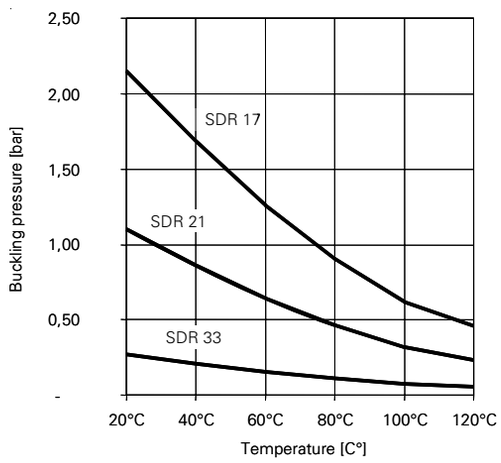
Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) ermittelt.

Temperatur [°C]	Betriebsdauer [Jahre]	SDR-Reihe 41			SDR-Reihe 33			SDR-Reihe 17,6			SDR-Reihe 11		
		Rohrserie S 20			Rohrserie S 16			Rohrserie S 8,3			Rohrserie S 5		
		PN 2,5			PN 3,2			PN 6			PN 10		
		zulässiger Betriebsunterdruck [1] [bar]											
		PP-H	PP-R	PE80	PP-H	PP-R	PE80	PP-H	PP-R	PE80	PP-H	PP-R	PE80
20	1	0,080	0,060	0,040	0,170	0,125	0,090	1,11	0,83	0,60	5,15	3,80	2,75
	10	0,060	0,050	0,035	0,130	0,110	0,070	0,86	0,73	0,47	3,95	3,35	2,20
	25	0,055	0,050	0,030	0,120	0,110	0,065	0,78	0,70	0,43	3,65	3,25	1,95
30	1	0,070	0,050	0,035	0,150	0,110	0,070	0,96	0,71	0,47	4,45	3,30	2,20
	10	0,055	0,045	0,030	0,115	0,100	0,060	0,75	0,64	0,39	3,50	2,95	1,80
	25	0,050	0,045	0,025	0,110	0,095	0,055	0,71	0,61	0,35	3,30	2,85	1,65
40	1	0,060	0,045	0,025	0,130	0,095	0,055	0,83	0,62	0,37	3,85	2,85	1,70
	10	0,050	0,040	0,020	0,105	0,090	0,050	0,68	0,57	0,32	3,15	2,65	1,50
	25	0,045	0,040	0,020	0,100	0,085	0,045	0,64	0,55	0,29	2,95	2,55	1,35
50	1	0,050	0,040	0,020	0,110	0,080	0,045	0,73	0,53	0,29	3,40	2,45	1,35
	10	0,045	0,035	0,015	0,095	0,075	0,040	0,61	0,49	0,25	2,85	2,30	1,15
	25	0,040	0,035	0,015	0,090	0,075	0,035	0,57	0,48	0,23	2,65	2,20	1,10
60	1	0,045	0,035	0,015	0,100	0,070	0,035	0,64	0,47	0,23	2,95	2,15	1,05
	10	0,040	0,030	-	0,085	0,065	-	0,55	0,43	-	2,55	2,00	-
	25	0,035	0,030	-	0,080	0,065	-	0,52	0,42	-	2,40	1,95	-
70	1	0,040	0,030	0,010	0,085	0,060	0,025	0,57	0,41	0,18	2,65	1,90	0,80
	10	0,035	0,025	-	0,075	0,055	-	0,49	0,37	-	2,25	1,70	-
	25	0,030	0,025	-	0,070	0,055	-	0,46	0,36	-	2,15	1,65	-
80	1	0,035	0,025	-	0,075	0,050	-	0,50	0,34	-	2,30	1,60	-
	10	0,030	0,020	-	0,065	0,045	-	0,44	0,31	-	2,20	1,45	-
95	1	0,030	0,020	-	0,065	0,040	-	0,41	0,27	-	1,90	1,25	-
	10	0,025	0,015	-	0,055	0,035	-	0,35	0,23	-	1,65	1,05	-

1) ...Diese Betriebsdrücke wurden nach der Formel von Seite 37 berechnet.
Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechenden Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für PVDF

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben gelten für Durchflussmedium Wasser. Sie wurden mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) ermittelt.



Zulässige Betriebsunterdrücke (Beuldrücke) für Lüftungsrohre aus PP-H und PE.

100000Pa = 1bar

Die in den Tabellen enthaltenen maximal zulässigen Unterdrücke in Pascal wurden mit einem Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen) berechnet.

Rohrdimension da x s [mm]	Material	zulässige Betriebsunterdrücke in Pascal [Pa] für verschiedene Betriebstemperaturen und Betriebsdauer							
		20°C		30°C		40°C		50°C	
		10Jahre	25Jahre	10Jahre	25Jahre	10Jahre	25Jahre	10Jahre	25Jahre
140 x 3,0	PP-H	4200	3800	3650	3450	3350	3100	3000	2800
160 x 3,0	PP-H	2750	2500	2400	2300	2200	2050	1950	1850
180 x 3,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
200 x 3,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
225 x 3,5	PP-H	1550	1400	1350	1300	1250	1150	1100	1050
250 x 3,5	PP-H	1100	1000	1000	900	900	850	800	750
280 x 4,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
315 x 5,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
355 x 5,0	PP-H	1150	1050	1000	950	900	850	800	750
400 x 6,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
400 x 8,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
400 x 8,0	PE80	1850	1650	1550	1400	1250	1150	1000	900
450 x 6,0	PP-H	950	900	850	800	750	700	700	650
450 x 8,0	PP-H	2350	2150	2050	1950	1850	1750	1650	1550
450 x 8,0	PE80	1250	1150	1050	950	850	800	700	650
500 x 8,0	PP-H	1700	1550	1500	1400	1350	1250	1200	1000
500 x 8,0	PE80	900	850	750	700	600	550	500	450
500 x 10,0	PP-H	3400	3050	2950	2800	2700	2500	2400	2250
500 x 10,0	PE80	1850	1650	1550	1400	1250	1150	1000	900
560 x 8,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
560 x 10,0	PP-H	2400	2150	2100	1950	1900	1750	1700	1600
560 x 10,0	PE80	1300	1150	1100	950	900	800	700	650
630 x 10,0	PP-H	1650	1500	1450	1350	1300	1250	1150	1100
630 x 10,0	PE80	900	800	750	650	600	550	500	450
710 x 12,0	PP-H	2000	1850	1750	1650	1600	1500	1450	1350
710 x 12,0	PE80	1100	1000	900	800	750	650	600	550
800 x 12,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
900 x 12,0	PE80	750	700	600	550	500	450	400	350
900 x 15,0	PP-H	1900	1750	1700	1600	1550	1400	1350	1250
900 x 15,0	PE80	1050	950	850	800	700	650	550	500
1000 x 15,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1000 x 15,0	PE80	750	700	600	550	500	450	400	350
1200 x 18,0	PP-H	1400	1250	1200	1150	1100	1050	1000	900
1200 x 18,0	PE80	750	700	600	550	500	450	400	350
1400 x 20,0	PP-H	1200	1100	1050	1000	950	900	850	800
1400 x 20,0	PE80	650	600	550	500	450	400	350	300

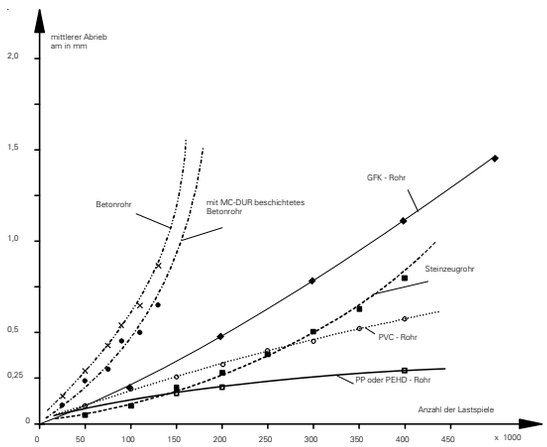
Diese Betriebsunterdrücke wurden nach der Formel von Seite 37 berechnet. Für den jeweiligen Anwendungsfall sind diese Betriebsunterdrücke noch mit den entsprechen den Abminderungsfaktoren durch chemischen Einfluss oder Unrundheit zu reduzieren.

Verhalten bei abrasiven Durchflussstoffen

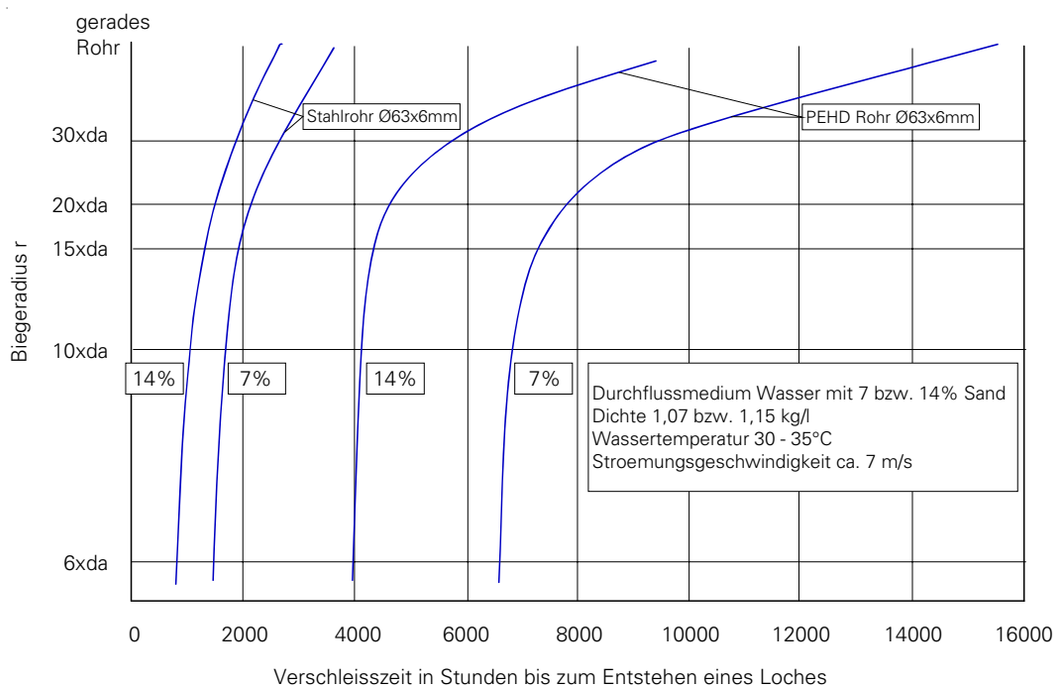
Prinzipiell eignen sich Kunststoffrohre wesentlich besser zum Transport von Flüssig-Feststoff-Gemischen als zB Betonrohre oder auch Stahlrohre. Hier liegen neben verschiedenen Versuchsergebnissen bereits auch positive Erfahrungen in vielen Anwendungsfällen vor.
Bei dem an der Technischen Hochschule Darmstadt entwickelten Verfahren wird eine 1 Meter lange Rohr-Halbschale mit einer Frequenz von 0,18 Hz hin und her gekippt. Als Maß für den Abrieb gilt die lokale Abnahme der Wanddicke nach einer bestimmten Beanspruchungszeit.
Aus dem Versuchsergebnis lässt sich klar der Vorteil von Kunststoffrohren für den Feststofftransport in Freispiegelleitungen ersehen.

Abriebverhalten nach Verfahren Darmstadt

Medium: Quarzsand-Kies-Wasser-Gemisch mit 46 Vol.-% Quarzsand/Kies, Körnung bis 30 mm



Verschleißzeit von PE-HD- und Stahlrohrkrümmer unterschiedlicher Biegeradien in Abhängigkeit vom Feststoffanteil



Noch praxisbezogener sind Versuche, bei denen das Medium durch Rohrproben gepumpt wird, die in einer Rohrleitung eingebaut sind. Eine Möglichkeit, das Verschleissverhalten in einer solchen Anlage zu untersuchen, besteht darin, die Zeit bis zum Entstehen eines Loches zu bestimmen. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, haben hier ebenfalls Kunststoffrohre (im speziellen Fall wurden PE-Rohre verwendet, wobei mit PP-Rohren gleichwertige oder leicht bessere Ergebnisse erzielt werden) einen wesentlichen Vorteil gegenüber Stahlrohren.

Zur Förderung trockener, abrasiv wirkender Durchflussstoffe ist Polypropylen nur bedingt einsetzbar. Auch sollten hier wegen einer möglichen statischen Aufladung nur elektrisch leitfähige Materialien (PE-el, PP-R-s-el, PP-R-el) verwendet werden. Die Verwendbarkeit ist im Einzelfall mit unserer anwendungstechnischen Abteilung abzustimmen.

Allgemeine chemische Beständigkeit PE & PP

Zum Unterschied von Metallen, bei denen ein Angriff von Chemikalien zu einer irreversiblen chemischen Veränderung des Materials führt, sind es bei den Kunststoffen in den überwiegenden Fällen physikalische Vorgänge, die den Gebrauchswert beeinträchtigen. Solche physikalische Veränderungen sind z.B. Quellungs- und Lösungsvorgänge, bei denen sich das Gefüge der Kunststoffe so verändern kann, dass die mechanischen Eigenschaften in Mitleidenschaft gezogen werden. In solchen Fällen sind bei der Auslegung von Anlagen und Anlagenteilen Abminderungsfaktoren zu berücksichtigen.

PE und PP sind gegen wässrige Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien beständig, sofern es sich hier nicht um starke Oxidationsmittel handelt. Gute Beständigkeit besteht auch gegenüber vielen Lösungsmitteln, wie Alkoholen, Estern und Ketonen.
Bei Kontakt mit Lösungsmitteln, wie Aliphaten, Aromaten und Chlorkohlenwasserstoffen, ist besonders bei höherer Temperatur mit einer starken Quellung zu rechnen. Eine Zerstörung der Werkstoffe tritt aber nur selten ein.
Oberflächenaktive Medien (Chromsäure, konzentrierte Schwefelsäure) können die Beständigkeit durch Spannungsriss-Korrosion stark reduzieren.

Laugen

Alkalilaugen
Wässrige Lösungen von Alkalien (z.B. Kalilauge, Natronlauge, ...) reagieren auch bei erhöhter Temperatur und hohen Konzentrationen nicht mit PP und PE und sind daher im Gegensatz zu PVDF oder anderen Fluorthermoplasten ohne Probleme einsetzbar.

Bleichlauge
Da diese Laugen aktives Chlor enthalten, muss man bereits bei Raumtemperatur von einer bedingten Beständigkeit ausgehen.
Bei höheren Temperaturen und Konzentrationen des aktiven Chlors sind PP und PE nur noch für drucklose Rohrleitungssysteme und Behälter geeignet.

Kohlenwasserstoffe
PP ist gegen Kohlenwasserstoffe (Benzin sowie andere Treibstoffe) bereits bei Raumtemperatur nur mehr bedingt beständig (Quellung > 3 %).
PE hingegen kann bis zu Temperaturen von 40 °C für den Transport und 60°C für die Lagerung dieser Medien herangezogen werden.
Erst bei Temperaturen von > 60°C ist PE bedingt beständig, da die Quellung > 3 % beträgt.

Säuren

Schwefelsäure
Konzentrationen bis ca. 70% verändern die Eigenschaften von PP und PE nur geringfügig. Konzentrationen über 80% wirken bereits bei Raumtemperatur oxidierend. Bei höheren Temperaturen kann diese Oxidation sogar eine Verkohlung der Oberfläche bei PP-Halbzeugen bewirken.

Salzsäure, Flusssäure
Gegenüber konzentrierter Salzsäure und Flusssäure sind PP und PE chemisch widerstandsfähig.
Es tritt jedoch ab einer Konzentration > 20% bei HCl und > 40% bei HF eine Diffusion auf, die zwar das Material in keiner Weise schädigt, dafür aber Sekundärschäden an umliegenden Stahlbauten verursacht.
Für derartige Anwendungsfälle haben sich Doppelrohrsysteme bewährt.

Salpetersäure
Höher konzentrierte Salpetersäure wirkt oxidierend auf die Werkstoffe, sodass mit einer Abnahme der mechanischen Festigkeitseigenschaften zu rechnen ist.

Phosphorsäure
Gegenüber diesem Medium sind PP und PE auch bei höheren Konzentrationen und bei erhöhten Temperaturen beständig.

Für nähere Informationen bezüglich der chemischen Beständigkeit unserer Produkte steht Ihnen unsere anwendungstechnische Abteilung jederzeit gerne zur Verfügung.

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.

Chemische Widerstandsfähigkeit PVDF

PVDF besitzt insgesamt eine ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit gegenüber einer breiten Palette von Chemikalien.

Besonders gut widersteht PVDF den Angriffen der meisten anorganischen und organischen Säuren, aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, Alkoholen und halogenierten Lösemitteln.

Mit Ausnahme von Fluor ist PVDF auch widerstandsfähig gegenüber Halogenen (Chlor, Brom, Jod).

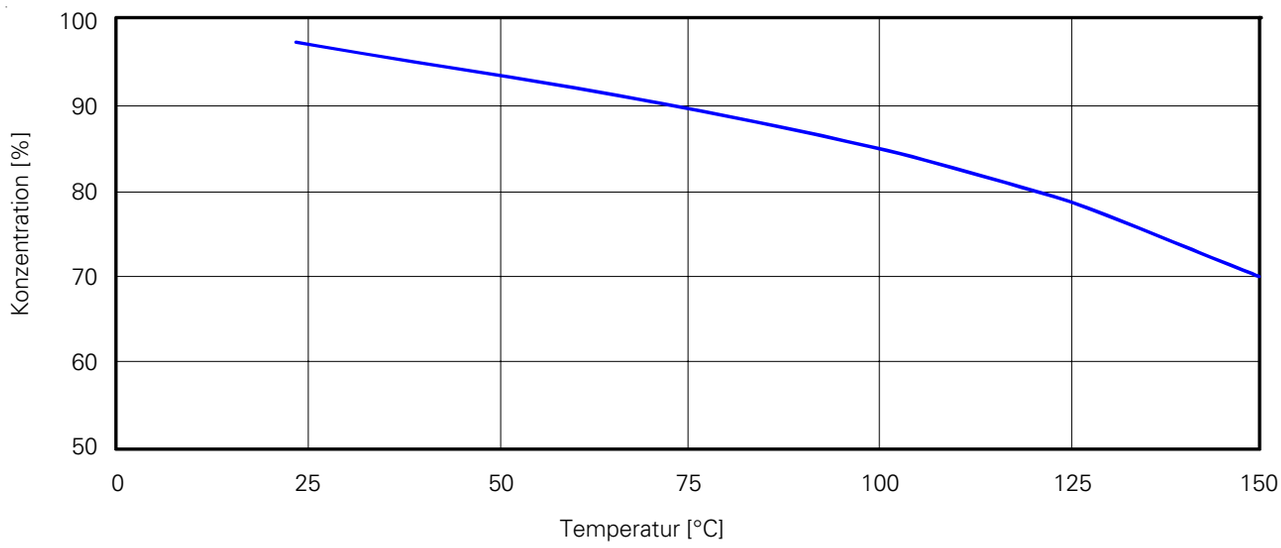
Allgemein ist PVDF nicht geeignet für die folgenden Medien, weil diese zu einer Zersetzung führen können:

- Amine, basische Medien mit einem pH-Wert $\geq$ 12
- Verbindungen, die unter gewissen Umständen freie Radikale erzeugen können,
- rauchende Schwefelsäure
- stark polare Lösemittel (Aceton, Ethylacetat, Dimethylformamid, Dimethylacetamid, ...); hierbei kann es zur Lösung oder zum Quellen des PVDF´s kommen
- Alkalimetalle in geschmolzenem Zustand oder Amalgam.

Zu beachten ist auch die Möglichkeit der Spannungsrissbildung (Stress Cracking). Hierzu kann es bei PVDF kommen, wenn der Kunststoff, in einem Milieu, von pH-Wert $\geq$ 12 oder bei Anwesenheit von freien Radikalen (beispielsweise elementares Chlor) gleichzeitig einer mechanischen Beanspruchung ausgesetzt wird.

Maximal zulässige H_2SO_4-Konzentration in Abhängigkeit der Temperatur auf der Basis der Berstdrücke von Rohren aus PVDF.

Maximal zulässige H_2SO_4 - Konzentration



Ergebnisbeispiel: Schwefelsäure

PVDF wird dem Angriff von konzentrierter Schwefelsäure ausgesetzt. Durch das freie SO_3 in der Schwefelsäure kann es bei mechanischer Beanspruchung zur Spannungsrissbildung (Stress Cracking) kommen. Bei hohen Temperaturen kann der Gehalt an freiem SO_3 selbst bei stärker verdünnten Schwefelsäurelösung ausreichen, um zur Spannungsrissbildung bei PVDF zu führen.

Um die zulässigen Drücke in Gegenwart von Schwefelsäure und in Abhängigkeit der Temperatur zu bestimmen, wurde das Verhalten von Rohren aus PVDF bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen in der DECHEMA-Konsole untersucht.

In jedem Anwendungsfall sind die folgenden wesentlichen Parameter zu berücksichtigen:

- Eigenschaften des fertigen Teils aus PVDF
- chemische Beschaffenheit und Aggregatzustand der Verbindung(en), die mit dem Formteil aus PVDF in Berührung kommt/kommen
- Konzentration
- Temperatur
- Zeit
- eventuelle Diffusion oder Löslichkeit

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.

Chemische Wiederstandsfähigkeit ECTFE

ECTFE besitzt eine herausragende chemische Beständigkeit und hervorragende Barriere-Eigenschaften. Es wird praktisch nicht angegriffen von den meisten in der Industrie verwendeten korrosiven Chemikalien, z.B. starken mineralischen und oxidierenden Säuren, Alkalien, Metall-Ätz-Produkten, flüssigem Sauerstoff, und praktisch allen organischen Lösemitteln, außer heißen Aminen (z.B. Anilin, Dimethylamin).

Die Beständigkeitsdaten für Lösemittel in untenstehender Tabelle wurden mit unverdünnten Lösemitteln geprüft. Da chemischer Angriff abhängig von der Konzentration ist, ist bei geringerer Konzentration der aufgeführten Medien ein geringerer Effekt als in der Tabelle gezeigt zu erwarten.

Wie andere Fluorkunststoffe wird ECTFE von Natrium und Kalium angegriffen. Der Angriff hängt von der Einwirkzeit und der Temperatur ab. ECTFE und andere Fluorpolymere können durch den Kontakt mit bestimmten halogenierten Lösemitteln quellen; dieser Effekt beeinflusst normalerweise die Gebrauchsfähigkeit nicht. Ist das Lösemittel entfernt und die Oberfläche trocken, kehren die mechanischen Eigenschaften zu ihren ursprünglichen Werten zurück, ein Hinweis, dass kein chemischer Angriff stattfand.

Aktuelle Beständigkeitslisten sind jederzeit unter www.agru.at abrufbar.

Chemikalie	Temperatur [°C]	Gewichts-zunahme [%]	Einfluss auf Zugmodul	Einfluss auf Reissdehnung
Mineralsäuren				
Schwefelsäure 78%	23	< 0,1	U	U
	121	< 0,1	U	U
Salzsäure 37%	23	< 0,1	U	U
	75-105	0,1	U	U
Salzsäure 60%	23	< 0,1	U	U
Chlorsulfonsäure 60%	23	0,1	U	U
Oxidierende Säuren				
Salpetersäure 70%	23	< 0,1	U	U
	121	0,8	A	C
Chromsäure 50%	23	< 0,1	U	U
	111	0,4	U	U
Königswasser	23	0,1	U	U
	75-105	0,5	U	U
Lösemittel				
Aliphate	23	0,1	U	U
Hexan	54	1,4	A	U
Isooktan	23	< 0,1	U	U
	116	3,3	A	U
Aromate				
Benzol	23	0,6	U	U
	74	7	C	U
Toluol	23	0,6	U	U
	110	8,5	C	U
Alkohole				
Methanol	23	0,1	U	U
	60	0,4	A	U
Butanol	23	< 0,1	U	U
	118	2,0	A	U
Klassische Kunst-stoff-Lösemittel				
Dimethylformamid	73	2,0	A	U
Dimethylsulfoxid	73	0,1	U	U

U-Unbedeutend
A-Reduzierung um 25-50%
B-Reduzierung um 50-75%
C-Reduzierung um > 75%

Transport und Handling

Beim Transport und Handling von Rohren und Formstücken sind folgende Richtlinien einzuhalten, damit es zu keinen Beschädigungen kommen kann:

Rohre aus PP-H, Sondermaterialien (PP-R-s-el, PP-H-s, PE-el) und vorkonfektionierte Bauteile (zB segmentierte Bögen) dürfen unter 0°C Rohrwandtemperatur nur mit besonderer Vorsicht verladen bzw. transportiert werden.

Schlag- und Biegebeanspruchungen bei Temperaturen < 0°C sind zu vermeiden.

Beschädigungen der Oberfläche (Kratzer, Riefen,...), wie sie zB. durch Schleifen von Rohren entstehen, sind zu vermeiden.

Lagerung

Bei der Lagerung von Rohren und Formstücken sind die nachstehend angeführten Vorschriften einzuhalten, um eine Qualitätsminderung zu vermeiden:

Die Lagerfläche muss eben und frei von Unrat wie Steine, Schrauben, Nägel, etc. sein.

Beim Stapeln von Rohren dürfen Lagerhöhen von 1m nicht überschritten werden. Um ein Wegrollen der Rohre zu verhindern, sind Holzkeile an den außenliegenden Rohren beizulegen.Bei Rohren > da 630mm dürfen maximal zwei Reihen übereinander gelagert werden. Rohre > 1000mm müssen lose gelagert werden.

Rohre müssen flach und ohne Biegebeanspruchung, wenn möglich im Holzverschlag, gelagert werden.

Naturfarbene und grau eingefärbte Produkte sind bei einer Lagerung im Freien vor UV-Strahlung zu schützen. Gelbe PE-Rohre dürfen bis zu 9 Monate im Freien gelagert werden.

Rohre und Formstücke aus PP-R-s-el und PE-el sind bei der Lagerung vor Feuchtigkeit und UV-Strahlung zu schützen (keine Freibewitterung, geschlossene und trockene Lagerräume verwenden).

Achtung!

Da bei den Sondertypen PP-R-s-el und PE-el bei einer Lagerungsdauer über 12 Monate die Gefahr einer Feuchtigkeitsaufnahme besteht, empfiehlt es sich, die Verwendbarkeit des Materials mittels eines Schweißversuches zu überprüfen.

Allgemeine Verlegerichtlinien

Aufgrund der geringeren Steifigkeit und Festigkeit sowie der höheren temperaturbedingten Längenänderung von thermoplastischen Kunststoffen im Vergleich zu metallischen Werkstoffen ergeben sich folgende Anforderungen für die Befestigung von Rohrleitungsteilen:
Dehnung und Kontraktion der Rohrleitung in Radial- und Axialrichtung dürfen bei oberirdischer Verlegung nicht behindert werden, d. h. Einbau mit radialem Spiel, Schaffung von Kompensationsmöglichkeiten, kontrollierte Längenänderung durch sinnvolle Anordnung von Festpunkten.

Befestigungen müssen so ausgelegt sein, dass punktförmige Belastungen vermieden werden, das heißt die Auflageflächen müssen möglichst breit und dem Außendurchmesser angepasst sein (Umschlingungswinkel möglichst > 90° wählen).

Die Oberflächen der Befestigungen müssen so beschaffen sein, dass mechanische Beschädigungen der Rohroberfläche vermieden werden.

Armaturen (in bestimmten Anwendungsfällen auch T-Stücke) sollten grundsätzlich als Festpunkt innerhalb einer Leitung ausgebildet werden. Vorteilhaft sind Armaturenkonstruktionen, bei denen die Befestigungsvorrichtung im Armaturenkörper integriert ist.

Befestigung mittels Rohrschellen

Befestigungen für Kunstoffrohrleitungssyteme sind aus Kunststoff oder Stahl lieferbar. Stahlschellen müssen unbedingt mit Bändern aus PE oder Elastomeren ausgelegt werden, da ansonsten die weichere Oberfläche des Kunststoffrohres beschädigt werden kann.
Besonders gut eignen sich für die Verlegung AGRU-Kunststoff-Rohrschellen sowie Rohrhalter. Diese sind universell einsetzbar und speziell auf die Toleranzen des Kunststoffrohres abgestimmt. Somit dienen sie auch z.B. als Gleitlager bei horizontal verlegten Rohrleitungen, um vertikal gerichtete Kräfte aufzunehmen. Ein weiterer Einsatzbereich der AGRU-Rohrschelle ist die Funktion eines Führungslagers, welches ein seitliches Ausknicken der Rohrleitung verhindern soll, da sie auch Querkräfte aufnehmen kann.
Für kleinere Rohrdurchmesser (< da 63mm) empfiehlt es sich, um die Stützweitenabstände zu vergrößern, als Unterstützung der Rohrleitung Stahlhalbschalen zu verwenden.

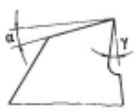
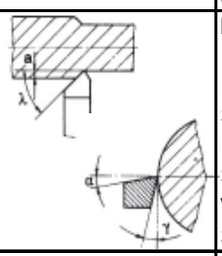
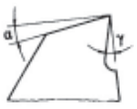
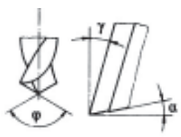
Verlegetemperatur

Eine Mindestinstallationstemperatur von >0°C ist unbedingt einzuhalten.

Verlegerichtlinien für elektrisch leitfähige Materialien

Es gelten im wesentlichen die allgemeinen Verlegebedingungen.
Bei der Anbringung der Erdungsschellen muss jedoch speziell darauf geachtet werden, dass die Rohroberfläche unterhalb der Schelle abgeschabt wird. Dies ist deshalb unbedingt erforderlich, damit die eventuell vorhandene Oxidschicht entfernt wird, um den notwendigen Oberflächenwiderstand von < 10^6 Ohm gewährleisten zu können.
Bei Flanschverbindungen sind elektrisch leitfähige Flansche oder Stahlflansche zu verwenden.
Das fertig verlegte und geerdete Rohrleitungssystem ist hinsichtlich der Ableitwiderstände unbedingt einer Endüberprüfung durch ein geeignetes Fachpersonal zu unterziehen.

Spanabhebende Bearbeitung von PP und PE (gültig für das Trennen, Drehen, Fräsen und Bohren)

	Trennen			
	Freiwinkel α	[°]	30 ÷ 40	Bandsägen sind geeignet zum Schneiden von Rohren, Blöcken, dicken Platten und für Rundschnitte
	Spanwinkel γ	[°]	0 ÷ 5	
	Teilung t	[mm]	3 ÷ 5	
	Schnittgeschwindigkeit	[m/min]	bis 3000	
	**Trennen**			
	Freiwinkel α	[°]	10 ÷ 15	Kreissägen sind geeignet zum Schneiden von Rohren, Blöcken, Platten. HM-Sägen haben eine wesentlich längere Lebensdaür
	Spanwinkel γ	[°]	0 ÷ 15	
	Teilung t	[mm]	3 ÷ 5	
	Schnittgeschwindigkeit	[m/min]	bis 3000	
	**Drehen**			
	Freiwinkel α	[°]	5 ÷ 15	Der Spitzenradius (r) sollte mindestens 0,5mm betragen. Hohe Oberflächengüte wird durch Drehmeißel mit Breitschlichtschneide erreicht. Abstechen: Drehmeissel messerartig anschleifen
	Spanwinkel γ	[°]	0 ÷ 15	
	Einstellwinkel λ	[°]	45 ÷ 60	
	Schnittgeschwindigkeit	[m/min]	200 ÷ 500	
	Vorschub	[mm/Umdreh.]	0,1 ÷ 0,5	
	Spantiefe a	[mm]	bis 8	
	**Fräsen**			
	Freiwinkel α	[°]	5 ÷ 15	Hohe Oberflächengüte durch Fräser mit weniger Schneide - dadurch höhere Schnittleistung
	Spanwinkel γ	[°]	bis 10	
	Schnittgeschwindigkeit	[m/min]	bis 1000	
	Vorschub	[mm/Umdreh.]	0,2 ÷ 0,5	
	**Bohren**			
	Freiwinkel α	[°]	12 ÷ 16	Drehwinkel 12 - 15°. Für Bohrungen von 40 - 150mm Durchmesser sollten Hohlbohrer eingesetzt werden, für alle Löcher <40mm Durchmesser normale SS - Bohrer.
	Spanwinkel γ	[°]	3 ÷ 5	
	Spitzenwinkel φ	[°]	ca. 100	
	Schnittgeschwindigkeit	[m/min]	50 ÷ 100	
	Vorschub	[mm/Umdreh.]	0,1 ÷ 0,3	

Spanabhebende Bearbeitung von PVDF und ECTFE

Die spanende Bearbeitung von PVDF und ECTFE Formteilen und Rohren bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, wenn folgende Richtlinien beachtet werden:

Wenn nötig vor der Bearbeitung von größeren Flächen die Restspannung durch Nachtempern beseitigen.

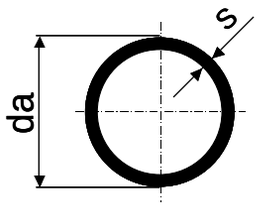
Die Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und die Schneidgeometrie so auslegen, dass die entstehende Wärme zum größten Teil durch den Span abgeführt wird (eine zu hohe Erwärmung kann zum Anschmelzen bzw. zur Verfärbung der bearbeiteten Oberfläche führen).

Als Bearbeitungsmaschinen können alle üblichen Metall- und Holzbearbeitungsmaschinen verwendet werden

Masssysteme

Größe	Technisches Maßsystem	SI - Einheit (MKS-System) Gesetzliche Einheit	ASTM - Einheit
Länge	m	m 1m = 10dm = 100cm = 1000mm 1000m = 1km	ft 1,609km(statute) = 1Meile = 1,852km (naut.) = 1Meile 0,9144m = 1yd = 3ft 25,4mm = 1 inch
Fläche	m^2	m^2 $1m^2 = 100dm^2 = 10000cm^2$	yd^2 $0m836m^2 = 1yd$ $1yd^2 = 9ft^2$
Volumen	m^3	m^3 $1m^3 = 10^3dm^3 = 10^6cm^3$	yd^3 $0,765m^3 = 1yd^3$ $1yd^3 = 27ft^3$
Kraft	kp 1N = 0,102kp 1kp = 9,81N	N $1N = 1kgm/s^2 = 10^5$ dyn	lb 1lbf = 4,447N = 32poundals
Druck	kp/m^2 $1N/cm^2 = 0,102kp/cm^2$ 0,1bar = 1mWS 1bar = 750Torr 1bar = 750 mmHg 1bar = 0,99atm	bar $1bar = 10^5Pa = 0,1N/mm^2$ $10^6Pa = 1MPa = 1N/mm^2$	psi 1bar = 14,5psi = 14,5lb/sq in
mechanische Spannung	kp/mm^2 $1N/mm^2 = 0,102kp/mm^2$	N/mm^2	psi $1N/mm^2 = 145,04psi$ = 145,04lb/sq in
Geschwindigkeit	m/s	m/s	ft/sec. 1m/s = 3,2808ft/sec.
Dichte	g/cm^3	g/cm^3	psi $1g/cm^3 = 14,22x10^{-3}psi$
Volumen	m^3	m^3	cu ft $1m^3 = 35,3147$ cu ft = 1,3080 cu yd $1cm^3 = 0,061$ cu in
Temperatur	°C	°C 1°C = 1[°C+273,15]°K	°F °F = 1,8 x °C + 32

SDR - Standard Dimension Ratio



$$SDR = \frac{da}{s}$$

SDR ... Verhältnis Außendurchmesser zu Wandstärke

da ... Außendurchmesser [mm]

s ... Wanddicke [mm]

Beispiel:
da = 110mm
s = 10mm

$$SDR = \frac{da}{s} = \frac{110}{10} = 11$$

S - Reihe

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

SDR ... Verhältnis Außendurchmesser zu Wandstärke

Beispiel:
SDR11

$$S = \frac{SDR - 1}{2} = \frac{11 - 1}{2} = 5$$

Bauteil Betriebsdruck

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{min}}$$

p_B ... Bauteil Betriebsdruck [bar]

σ_v ... Vergleichsspannung [N/mm²] (siehe Zeitstandskurve für jeweiliges Material)

SDR ... Standard Dimension Ratio

C_{min} ... minimaler Sicherheitsfaktor (siehe Tabelle unterhalb)

Beispiel:
PE 100, 20°C, 50Jahre, Wasser (d.h. σv=10N/mm²)
SDR11
Cmin=1,25

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR - 1) \cdot C_{min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11 - 1) \cdot 1{,}25} = 16$$

Material	Temperatur		
	10 bis 40°C	40 bis 60°C	über 60°C
PE 80	1,25		
PE 100	1,25		
PP-H	1,6	1,4	1,25
PP-R	1,25		
PVDF	1,6		
ECTFE	2,0		

Betriebsdrücke für wassergefährdende Medien

Um den jeweiligen zulässigen höchsten Betriebsüberdruck beim Transport von wassergefährdenden Flüssigkeiten zu berechnen, ist als Ausgangswert der Bauteil-Betriebsdruck p für die entsprechenden Parameter aus der betreffenden Betriebsdrucktabelle (gültig für Wasser) zu entnehmen.
Anschließend ist dieser Betriebsdruck mit den jeweiligen Abminderungsfaktoren zu reduzieren. Der Gesamtsicherheitsfaktor beträgt dabei in allen Fällen mindestens 2.0, bei den schlagempfindlichen, modifizierten Werkstoffen ist er höher (bei PE 80-el 2.4, bei PP-s und PP-R-s-el 3.0).

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z}$$

p_a ....Betriebsüberdruck der jeweiligen Applikation [bar]

p_B ....Bauteil-Betriebsüberdruck gültig für Wasser [bar] (siehe Seiten 10 bis 19)

f_{AP} ....Applikationsfaktor
ist ein zusätzlicher Abminderungsfaktor, der durch Multiplikation mit den C-Faktoren nach DIN einen Gesamtsicherheitsfaktor von mindestens 2,0 ergibt (siehe nachstehende Tabelle)

f_{CR} ....chemischer Resistenzfaktor

A_Z ....Abminderungsfaktor für die spezifische Zähigkeit

Beispiel:
PE 100, 20°C, 50Jahre, Wasser (d.h. σv=10N/mm²)
SDR11
C_{min}=1,25
Chemikalie: HNSO4 (Schwefelsäure), Konzentration 53%, d.h. f_{CR} = 2,0 (nach DVS 2205, Teil1)

$$p_B = \frac{20 \cdot \sigma_v}{(SDR-1) \cdot C_{\min}} = \frac{20 \cdot 10}{(11-1) \cdot 1{,}25} = 16$$

$$p_a = \frac{p_B}{f_{AP} \cdot f_{CR} \cdot A_Z} = \frac{16}{1{,}6 \cdot 2{,}0 \cdot 1} = 5$$

Abminderungsfaktoren A_Z für die spezifische Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen

Werkstoff	Betriebstemperatur	
	-10°C	+20°C
PE 80	1,2	1,0
PE 100	1,2	1,0
PE-el	1,6	1,4
PP-H	1,8	1,3
PP-R	1,5	1,1
PP-s	*)	1,7
PP-R-s-el	*)	1,7
PVDF	1,6	1,4

*) ... nicht einsetzbar

Applikationsfaktoren f_{AP} für wassergefährdende Medien

Werkstoff	Applikations-faktor f_{AP}	C-Faktor (nach ISO 12162)	Gesamt-Sicherheits-faktor bei 20°C (f_{AP} x C)
PE 80	1,6	1,25	2,0
PE 100	1,6	1,25	2,0
PE-el	1,9	1,25	2,4
PP-H	1,25	1,6	2,0
PP-R	1,6	1,25	2,0
PP-s	2,4	1,25	3,0
PP-R-s-el	2,4	1,25	3,0
PVDF	1,25	1,6	2,0
ECTFE	1,0	2,0	2,0

Berechnung der notwendigen Rohrwanddicke s_{min}

Festigkeitsberechnungen zu thermoplastischen Kunststoffrohrleitungen sind grundsätzlich auf der Basis von Langzeitkennwerten vorzunehmen. Die Festigkeitswerte können, in Abhängigkeit von der Temperatur, aus den Zeitstandkurven (siehe Seite 9 bis 19) entnommen werden.
Nach Ermittlung der rechnischen Wanddicke muss die Ausführungswanddicke unter Berücksichtigung der Nenndruckstufe bzw. SDR-Klasse bestimmt werden. Wanddickenzuschläge (z.B. beim Einsatz von PP-Rohrleitung im Freien ohne UV-Schutz oder beim Transport abrasiver Stoffe) sind zu berücksichtigen.

$$s_{min} = \frac{p \cdot da}{20 \cdot \sigma_{zul} + p}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{min}}$$

s_{min} ....Mindestwanddicke [mm]
p ....Betriebsdruck [bar]
da ....Rohraußendurchmesser [mm]
σ_{zul} ....zul. Spannung [N/mm^2]
σ_v ... Vergleichsspannung [N/mm^2]
C_{min} ... minimaler Sicherheitsfaktor (siehe Seite 34)

Aus dieser Formel kann man auch, falls erforderlich, die Vergleichsspannung σ_v bzw. den Betriebsdruck p errechnen.

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{min})}{20 \cdot s_{min}}$$

$$p = \frac{20 \cdot \sigma_{zul} \cdot s_{min}}{da - s_{min}}$$

Beispiel:
PE 100, 20°C, 50 Jahre, Wasser (d.h. σv=10N/mm^2)
Betriebsdruck 16bar
Außendurchmesser da=110mm

$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma_v}{C_{min}} = \frac{10}{1{,}25} = 8$$

$$s_{min} = \frac{p \cdot da}{20 \cdot \sigma_{zul} + p} = \frac{16 \cdot 110}{20 \cdot 8 + 16} = 10$$

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot (da - s_{min})}{20 \cdot s_{min}} = \frac{16 \cdot (110 - 10)}{20 \cdot 10} = 8$$

$$\sigma_v = \sigma_{zul} \cdot c_{min} = 8 \cdot 1{,}25 = 10$$

Beanspruchung durch äußeren Überdruck (Beuldruck)

In bestimmten Einzelfällen sind Rohrleitungssysteme einem äußeren Überdruck ausgesetzt:
-Verlegung im Wasser oder im Boden unterhalb des Grundwasserspiegels
-Leitungen für Unterdruck, z. B. Saugleitungen

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m}\right)^3$$

p_k ....kritischer Beuldruck [bar]

E_c ....Kriechmodul (siehe Tabellen Seite 20 - 23) [N/mm²] fuer t=25a

μ ....Querkontraktionszahl (für Thermoplaste generell 0,4)

s ....Wanddicke [mm]

r_m ....mittlerer Rohrradius [mm]

Die Beulspannung kann anschließend direkt berechnet werden:

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s}$$

Beispiel:
PP-R Rohr SDR33
40°C, 25Jahre
EC=220N/mm² (Kriechmodulkurve Seite 22)
Außendurchmesser da=110
Wandstärke=3,4mm

zusätzlicher Sicherheitsfaktor von 2,0 (Mindestsicherheitsfaktor für Stabilitätsberechnungen)

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1-\mu^2)} \left(\frac{s}{r_m}\right)^3 =$$

$$= \frac{10 \cdot 220}{4 \cdot (1-0{,}4^2)} \left(\frac{3{,}4}{53{,}3}\right)^3 = 0{,}17$$

$$p_k = \frac{0{,}17}{2{,}0} = 0{,}085$$

$$\sigma_k = p_k \cdot \frac{r_m}{s} = 0{,}085 \cdot \frac{53{,}3}{3{,}4} = 1{,}33$$

AGRUCAD - CADENAS PARTdataManager

Dieses Tool ist als CD-ROM erhältlich bzw. steht online auf unserer Homepage www.agru.at und auf dem PARTserver unter www.PARTserver.de zum Download bereit.

Mit AGRUCAD CD-ROM haben Sie die Möglichkeit, alle AGRU Produkte direkt in verschiedene am Markt verfügbare CAD-Systeme einzubinden und als 2D-Zeichnung und 3D-Modell zu exportieren.

Die CD-ROM unterstützt die Neutralformate DXF 2D und STEP 3D (je nach Hersteller). Weitere 66 verschiedene CAD-Formate zum Herunterladen finden Sie auf unserer online Version.

Berechnung der notwendigen Versteifung für Rohre mit Beulbeanspruchung

Bei größeren Beuldruckbeanspruchungen wird sehr oft aus wirtschaftlichen Gründen eine Versteifung mittels aufgeschweißen Rippen verwendet, um wesentlich dünnere Rohrwanddicken zu ermöglichen.

Als Basis dazu dient in leicht abgeänderter Form die Formel für Beuldruckberechnung glatter Rohre.

Bei dieser Berechnung ist es notwendig, den vorhandenen kritischen Beuldruck zu kennen und die gewünschte Rohrwanddicke zu wählen. Somit kann aus der Formel der maximale Abstand der Versteifungsrippen ermittelt werden.

$$p_k = \frac{10 \cdot E_c}{4 \cdot (1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{s}{r_m}\right)^3 \cdot \left[1+50 \cdot \left(\frac{r_m}{L}\right)^2\right]$$

p_k ....kritischer Beuldruck [bar]

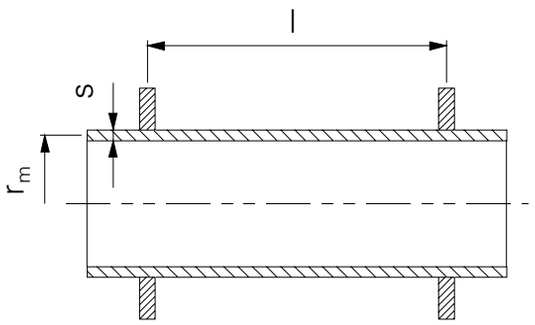
E_c ....Kriechmodul (siehe Tabellen Seite 20 - 23) [N/mm^2] fuer t=25a

μ ....Querkontraktionszahl (für Thermoplaste generell 0,4)

s ....Wanddicke [mm]

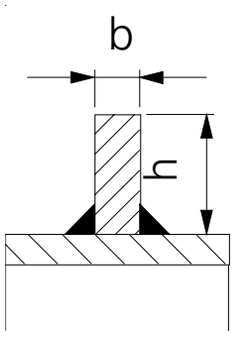
r_m ....mittlerer Rohrradius [mm]

L ....Abstand der Versteifungsrippen [mm]



Mittels des Versteifungsrippenabstandes kann das erforderliche Trägheitsmoment der aufgeschweißten Rippe ermittelt werden.

Anschließend kann wahlweise die Höhe oder Breite der Versteifungsrippen berechnet werden (einer dieser beiden Parameter ist zu wählen).



$$J = 3{,}35 \cdot \frac{r_m^{\,2} \cdot s^3}{L}$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

J ....Trägheitsmoment [mm^4]

r_m ....mittlerer Rohrradius [mm]

s ....Wanddicke [mm]

h ....Höhe der Versteifungsrippe [mm]

b ....Breite der Versteifungsrippe [mm]

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, zuerst die gewünschten Versteifungsrippen in den Abmessungen zu fixieren und anschließend den maximal zulässigen kritischen Beuldruck für die gewünschte Rohrwanddicke und Dimension zu berechnen.

Festlegung des Rohrquerschnittes

Strömungsvorgänge werden mit der Kontinuitätsgleichung erfasst. Diese lautet für Flüssigkeiten, bei denen der Volumenstrom konstant bleibt:

$$\dot{V} = 0{,}0036 \cdot A \cdot v$$

$\dot{V}$ ....Volumenstrom[m^3/h]

A ....freier Rohrquerschnitt [mm^2]

v ....Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Für Gase und Dämpfe bleibt der Massenstrom konstant. Daher ergibt sich folgende Gleichung:

$$\dot{m} = 0{,}0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

$\dot{m}$ ....Massenstrom[kg/h]

ρ ....Dichte des Mediums in Abhängigkeit von Druck und Temperatur[kg/m^3]

Werden in diesen Gleichungen die Konstanten zusammengefasst, so ergeben sich in der Praxis übliche Formeln zur Berechnung des erforderlichen Rohrquerschnittes:

$$d_i = 18{,}8 \cdot \sqrt{\frac{Q'}{v}}$$

$$d_i = 35{,}7 \cdot \sqrt{\frac{Q''}{v}}$$

d_i ....Rohrinnendurchmesser[mm]

Q' ....Fördermenge[m^3/h]

Q'' ....Fördermenge [l/s]

v ....Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Richtwerte der Strömungsgeschwindigkeit für Flüssigkeiten:
v ~ 0,5 ÷ 1,0 m/s (Saugseite)
v ~ 1,0 ÷ 3,0 m/s (Druckseite)
Richtwerte der Strömungsgeschwindigkeit für Gase:
v ~ 10 ÷ 30 m/s

Ermittlung der hydraulischen Verluste

Strömende Medien in Rohrleitungen verursachen im Fördersystem Druck- und damit Energieverluste.

Maßgebend für die Größe der Verluste sind:
-Länge der Rohrleitung
-Rohrquerschnittsform
-Rohrrauhigkeit
-Geometrie von Formstücken, Armaturen und Rohr verbindungen
-Zähigkeit und Dichte des Durchflussstoffes

Berechnung der einzelnen Druckverluste

Druckverlust im geraden Rohr Δp_R

Der Druckverlust in einer geraden Rohrstrecke ist umgekehrt proportional zum Rohrdurchmesser.

$$\Delta p_R = \lambda \cdot \frac{L}{d_i} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^2} \cdot v^2$$

λ ...Rohrreibungszahl (0,02 in den meisten Fällen ausreichend)
L ...Rohrleitungslänge [m]
d_i ...Rohrinnendurchmesser[mm]
ρ ...Dichte des Mediums[kg/m^3]
v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Druckverlust in Formstücken Δp_{RF}

In Formstücken treten erhebliche Reibungs-, Umlenk- und Ablöseverluste auf.
Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus der DVS® 2210,Tabelle 9 (Auszug siehe Seite 41) oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

$$\Delta p_{RF} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^5} \cdot v^2$$

ζ ...Widerstandsbeiwerte fuer Formstücke [-]
ρ ...Dichte des Mediums[kg/m^3]
v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Der gesamte Druckverlust Δp_{ges} ergibt sich aus der Summe folgendender Einzel-Verluste:

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_R + \Delta p_{RF} + \Delta p_{RA} + \Delta p_{RV}$$

Druckverlust in Armaturen Δp_{RA}

$$\Delta p_{RA} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2 \cdot 10^5} \cdot v^2$$

ζ ...Widerstandsbeiwert für Armaturen [-]
ρ ...Dichte des Mediums[kg/m^3]
v ...Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Die für die Berechnung notwendigen Widerstandsbeiwerte können entweder aus der DVS® 2210,Tabelle 10 (Auszug siehe Seite 42) oder aus anderer Fachliteratur entnommen werden.

Druckverlust an Rohrverbindungen Δp_{RV}

Eine exakte Angabe ist nicht möglich, weil Art und Güte der ausgeführten Verbindungen (Schweißungen, Verschraubungen, Flanschverbindungen) Unterschiede aufweisen.
Es wird empfohlen, für alle Verbindungsstellen in einem Kunststoffrohrsystem wie Stumpf- und Muffenschweißung sowie für Flansche einen Widerstandsbeiwert von jeweils

$\zeta_{RV} = 0{,}1$

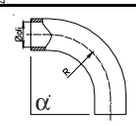
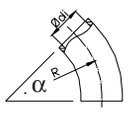
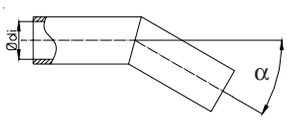
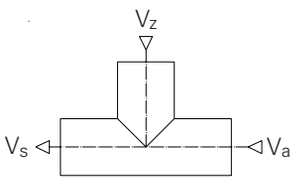
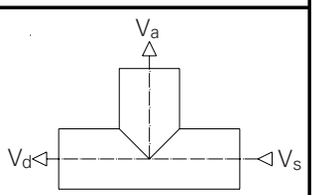
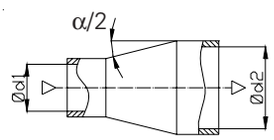
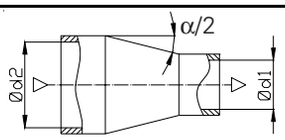
der Druckverlustberechnung zugrunde zu legen.

HINWEIS

Für die Auslegung von Abwasserleitungen aus PE-HD (da 110 - 1200mm) oder Beton-Kanalrohre mit PEHD-Inliner (bis da 3000mm) im drucklosen Bereich soll auch das
AGRU-Handbuch zur hydraulischen Auslegung von PE-HD-Rohrsystemen herangezogen werden.

Ermittlung der hydraulischen Verluste

Hydraulische Widerstandsbeiwerte von Formstücken (lt. DVS 2210, Tabelle 9)

Art des Formstückes	Kenngröße	Widerstandsbeiwert ζ			Zeichnung =Durchflussrichtung
Bogen α=45°	R = 1,0 x da	0,51			
	= 1,5 x da	0,41			
	= 2,0 x da	0,34			
	= 4,0 x da	0,23			
Bogen α=45°	R = 1,0 x da	0,34			
	= 1,5 x da	0,27			
	= 2,0 x da	0,20			
	= 4,0 x da	0,15			
Winkel (Kniestücke)	α=45°	0,30			
	30°	0,14			
	20°	0,05			
	15°	0,05			
	10°	0,04			
T-Stücke 90° (Stromvereinigung)		ζz	ζs		
	V_Z/V_S=0,0	-1,20	0,06		
	0,2	-0,4	0,20		
	0,4	0,10	0,30		
	0,6	0,50	0,40		
	0,8	0,70	0,50		
	1	0,90	0,60		
T-Stücke 90° (Stromtrennung)		ζa	ζd		
	V_A/V_S=0,0	0,97	0,10		
	0,2	0,90	-0,10		
	0,4	0,90	-0,05		
	0,6	0,97	0,10		
	0,8	1,10	0,20		
	1,0	1,30	0,35		
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrerweiterung)	Winkel α	4 ... 8°	16°	24°	
	d_2/d_1=1,2	0,10	0,15	0,20	
	1,4	0,20	0,30	0,50	
	1,6	0,50	0,80	1,50	
	1,8	1,20	1,80	3,00	
	2,0	1,90	3,10	5,30	
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrverengung)	Winkel α	4°	8°	20°	
	d_2/d_1=1,2	0,046	0,023	0,010	
	1,4	0,067	0,033	0,013	
	1,6	0,076	0,038	0,015	
	1,8	0,031	0,041	0,016	
	2,0	0,034	0,042	0,017	

positive ζ-Werte: Druckabfall
negative ζ-Werte: Druckanstieg
Va: abgehender Volumenstrom
Vd: durchgehender Volumenstrom
Vs: gesamter Volumenstrom
Vz: hinzukommender Volumenstrom

Ermittlung der hydraulischen Verluste

Hydraulische Widerstandsbeiwerte von Armaturen
(lt. DVS 2210, Tabelle 10)

Nennweite DN	MV	GSV	SSV	S	KH	K	RV	RK
	Widerstandsbeiwert (ζ)							
25	4,0	2,1	3,0				2,5	1,9
32	4,2	2,2	3,0				2,4	1,6
40	4,4	2,3	3,0				2,3	1,5
50	4,5	2,3	2,9				2,0	1,4
65	4,7	2,4	2,9	0,1 ... 0,3	0,1 ... 0,15	0,3 ... 0,6	2,0	1,4
80	4,8	2,5	2,8				2,0	1,3
100	4,8	2,4	2,7				1,6	1,2
125	4,5	2,3	2,3				1,6	1,0
150	4,1	2,1	2,0				2,0	0,9
200	3,6	2,0	1,4				2,5	0,8

Erläuterungen: Die angegebenen Widerstandszahlen sind Anhaltswerte und dienen überschlägigen Druckverlustberechnungen. Für objektbezogene Berechnungen sind die Angaben des jeweiligen Armaturenherstellers zugrunde zu legen.

Kriterien zur Armaturenauswahl (lt. DVS 2210, Tabelle 11)

Auswahlkriterium	MV/GSV/SSV	S	KH	K	RV	RK
	Bewertung					
Strömungswiderstand	groß	gering	gering	mäßig	groß	mäßig
Öffnungs- und Schließzeit	mittel	lang	kurz	kurz	kurz	
Betätigungsmoment	gering	gering	groß	mäßig		
Verschleiß	mäßig	gering	gering	mäßig	mäßig	
Durchflussregelung	geeignet	wenig geeignet				
Baulänge nach Reihe F	mittel	groß	groß	groß	mittel	groß
Baulänge nach Reihe K			gering	gering		gering

Reihe F=Flanschausführung
DIN 3202-1
Reihe K=Zwischenflanschausfuehrung
DIN 3202-3

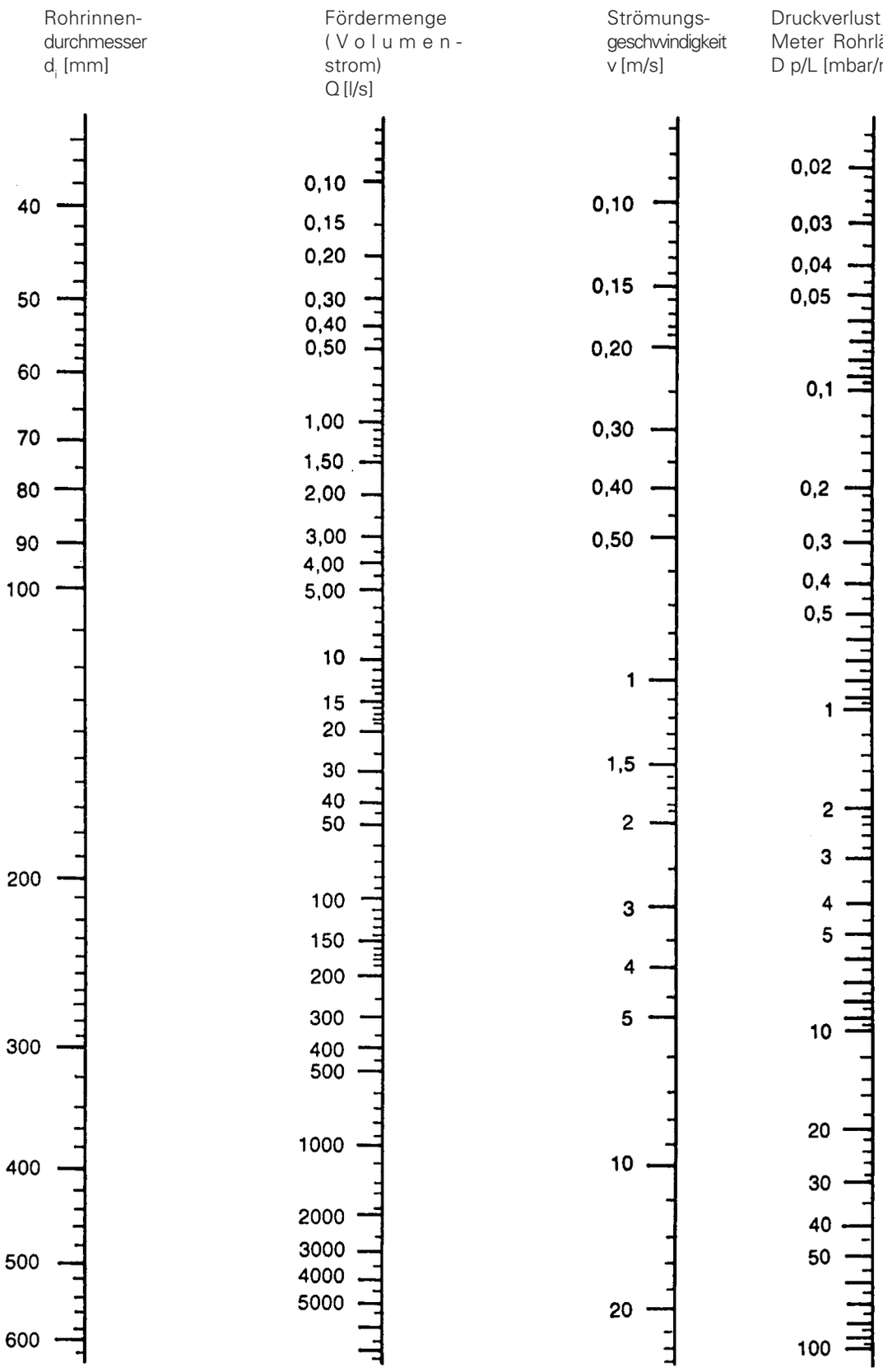
kein Kriterium

Zeichenerklärung für obige Tabellen:
MV Membranventil
SSV Schrägsitzventil
GSV Geradsitzventil
S Schieber ohne Einschnürung
KH Kugelhahn
K Absperrklappe
RV Freifluss-Rückschlagventil
RK Rückschlagklappe

Durchfluss-Nomogramm

Zur groben Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeit, Druckverlust und Fördermenge dient das nachfolgende Durchfluss-Nomogramm.

Bei mittlerer Strömungsgeschwindigkeit werden pro T-Stück, Reduktion und Winkel 90° bis zu 20m, pro Bogen r = d ca. 10m und pro Bogen r = 1,5 x d 5m Rohrlänge zugeschlagen.



Festpunktbelastungen

Festpunkte sollen ein Verschieben oder ein Bewegen der Rohrleitung in jeder Richtung verhindern. Sie dienen außerdem zur Aufnahme von Reaktionskräften bei Verwendung von Kompensatoren bzw Schiebe- und Steckmuffen.Der Festpunkt ist für alle auftretenden Kräfte zu dimensionieren:

Kräfte durch behinderte thermische Längenänderung
Gewicht bei senkrechten Rohrleitungen
spezifisches Gewicht des Durchflussmediums
Betriebsdruck
Eigenwiderstand der Dehnungsausgleicher

Frei wählbare Festpunkte sind so zu legen, dass Richtungsänderungen im Leitungsverlauf zur Aufnahme der Längenänderung ausgenutzt werden können.
Als Festpunkte haben sich Muffenkanten von Formstücken oder spezielle Festpunktformstücke (siehe Bild) geeignet.
Ungeeignet sind dagegen Pendelschellen oder das Festklemmen der Rohrleitung.

Fest eingespanntes System

Wird die Längenänderung innerhalb einer Rohrleitung verhindert, so entsteht ein fest eingespanntes System.
Die starr oder fest eingespannte Rohrstrecke erhält keinerlei Kompensationselemente und muss hinsichtlich ihrer Dimensionierung als Sonderfall betrachtet werden.

Folgende Systemgrössen sind daher rechnerisch zu bestimmen:

Festpunktbelastung
zulässiger Führungslagerabstand unter Berücksichtigung der kritischen Knicklänge auftretende Zug- und Druckspannungen

Festpunktbelastung bei eingespannten Systemen

Die grösste Festpunktbelastung tritt am geraden, eingespannten Rohrstrang auf. Sie beträgt in allgemeiner Form:

$$F_{FP} = A_R \cdot E_C \cdot \varepsilon$$

F_{FP} ...Festpunktkraft [N]

A_R ...Rohrwandringfläche [mm²]

E_c ...Kriechmodul [N/mm²] für t=100min

ε ...verhinderte Längsdehnung aus Wärmedehnung, Innendruck oder Quellung [-]

Unter Berücksichtigung der möglichen Lastfälle ist ε wie folgt zu ermitteln:

Lastfall: Wärmedehnung

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

α ...linearer Wärmeausdehnungskoeffizient [1/°K]

ΔT ...max. Temperaturdifferenz [°K]

Lastfall: Innendruck

$$\varepsilon = \frac{0{,}1 \cdot p \cdot (1 - 2\mu)}{E_c \cdot \left(\frac{da^2}{di^2} - 1 \right)}$$

p ...Betriebsdruck [bar]

μ ...Querkontraktionszahl [-]

E_c ...Kriechmodul [N/mm²] fuer t=100min

da ...Rohraußendurchmesser [mm]

d_i ...Rohrinnendurchmesser [mm]

Lastfall: Quellung

$$\varepsilon = 0{,}025 \ldots 0{,}040$$

Ein fest eingespanntes System ist bei diesem Lastfall im allgemeinen nicht empfehlenswert, da durch die Quellung auch eine Schwächung des Materials auftritt (Dehnungsbögen verwenden!).

Ermitteln der Rohrstützweiten

Die Unterstützungsabstände von thermoplastischen Kunststoffrohrleitungen sind unter Beachtung der zulässigen Biegespannung und einer begrenzten Durchbiegung des Rohrstranges zu bestimmen. Als Richtwert für die zulässige Durchbiegung kann $L_A/500$ bis $L_A/750$ angenommen werden. Unter Berücksichtigung der vorgenannten Durchbiegung einer Rohrstrecke zwischen den Auflagepunkten ergibt sich ein zulässiger Unterstützungsabstand der Rohrleitung von:

$$L_A = f_{LA} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_c \cdot J_R}{q}}$$

L_A zulässiger Unterstützungsabstand [mm]

f_{LA} Faktor für die Durchbiegung (0,80 ... 0,92) [-]

E_c Kriechmodul für t=25a [N/mm²]

J_R Rohr-Trägheitsmoment [mm⁴]

q Streckenlast aus Rohr-, Füll- und Zusatzgewicht [N/mm]

Hinweis: Der Faktor f_{LA} ist in Abhängigkeit zum Rohraußendurchmesser da festzulegen. Dabei gilt die folgende Beziehung:

$$\min \leftarrow da \rightarrow \max$$
$$0{,}92 \leftarrow f_{LA} \rightarrow 0{,}80$$

Übliche Stützweiten von thermoplastischen Rohrleitungen können den folgenden Tabellen entnommen werden.

PE80, SDR11 (angelehnt an DVS 2210, Tab.13)

da [mm]	Stützweiten L_A in [mm] bei 20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	500	450	450	400	350
20	575	550	500	450	400
25	650	600	550	550	500
32	750	750	650	650	550
40	900	850	750	750	650
50	1050	1000	900	850	750
63	1200	1150	1050	1000	900
75	1350	1300	1200	1100	1000
90	1500	1450	1350	1250	1150
110	1650	1600	1500	1450	1300
125	1750	1700	1600	1550	1400
140	1900	1850	1750	1650	1500
160	2050	1950	1850	1750	1600
180	2150	2050	1950	1850	1750
200	2300	2200	2100	2000	1900
225	2450	2350	2250	2150	2050
250	2600	2500	2400	2300	2100
280	2750	2650	2550	2400	2200
315	2900	2800	2700	2550	2350
355	3100	3000	2900	2750	2550
400	3300	3150	3050	2900	2700
450	3550	3400	3300	3100	2900
500	3900	3650	3500	3350	3100
560	4100	3950	3900	3600	3350
630	4450	4250	4100	3900	3650

PP-H, SDR11 (angelehnt an DVS 2210, Tab.14)

da [mm]	Stützweiten L_A in [mm] bei 20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
16	650	625	600	575	550	525	500
20	700	675	650	625	600	575	550
25	800	775	750	725	700	675	650
32	950	925	900	875	850	800	750
40	1100	1075	1050	1000	950	925	875
50	1250	1225	1200	1150	1100	1050	1000
63	1450	1425	1400	1350	1300	1250	1200
75	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
90	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350
110	1850	1800	1750	1700	1600	1500	1400
125	2000	1950	1900	1800	1700	1600	1500
140	2100	2050	2000	1900	1800	1700	1600
160	2250	2200	2100	2000	1900	1800	1700
180	2350	2300	2200	2100	2000	1900	1800
200	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900
225	2650	2550	2450	2350	2250	2150	2000
250	2800	2700	2600	2500	2400	2300	2150
280	2950	2850	2750	2650	2550	2450	2300
315	3150	3050	2950	2850	2700	2600	2450
355	3350	3250	3150	3000	2850	2750	2600
400	3550	3450	3350	3200	3050	2900	2750
450	3800	3700	3600	3450	3300	3100	2950
500	4100	4000	3850	3700	3500	3350	3150
560	4400	4300	4150	4000	3800	3600	3400
630	4800	4650	4500	4300	4100	3900	3700

Ermitteln der Rohrstützweiten

PVDF Ø 16-50 SDR21, Ø 63-400 SDR33
(angelehnt an DVS 2210, Tab.17)

da	Stützweiten L_A in [mm] bei								
[mm]	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
16	725	700	650	600	575	550	500	450	400
20	850	800	750	750	700	650	600	500	450
25	950	900	850	800	750	700	675	600	500
32	1100	1050	1000	950	900	850	800	700	600
40	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	750	650
50	1400	1350	1300	1200	1150	1100	1000	900	750
63	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	950	800
75	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1050	850
90	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1100	950
110	1800	1750	1700	1650	1550	1500	1450	1250	1100
125	1900	1850	1800	1700	1650	1600	1500	1350	1200
140	2000	1950	1900	1800	1750	1700	1600	1450	1250
160	2150	2100	2050	1950	1850	1800	1700	1550	1350
180	2300	2200	2150	2050	1950	1900	1800	1600	1400
200	2400	2350	2250	2150	2100	2000	1900	1700	1500
225	2550	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1800	1600
250	2650	2600	2500	2400	2300	2200	2100	1900	1700
280	2850	2750	2650	2550	2450	2350	2250	2000	1800
315	3000	2950	2850	2750	2600	2500	2400	2150	1900
355	3200	3100	3000	2850	2750	2650	2500	2250	2000
400	3400	3300	3200	3050	2950	2800	2650	2400	2100

ECTFE Ø 20-160
(angelehnt an DVS 2210)

da		Stützweiten L_A in [mm] bei								
[mm]	S	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
20	1,9	530	510	490	470	450	430	410	380	340
25	1,9	580	560	540	520	500	470	450	420	380
32	2,4	680	660	640	610	580	560	530	490	440
50	3,0	870	840	810	780	740	710	680	620	560
63	3,0	950	910	880	850	810	770	740	680	610
90	4,3	1200	1160	1120	1080	1030	980	940	870	780
90	2,8	1060	1020	990	950	910	860	830	760	690
110	5,3	1380	1330	1290	1240	1180	1120	1080	990	890
110	3,0	1170	1120	1090	1040	1000	950	910	840	750
160	3,0	1330	1290	1240	1190	1140	1080	1040	960	860

Umrechnungsfaktoren für Stützweiten (lt. DVS 2210, Tab. 18)

Für andere SDR-Reihen, Materialien und Durchflussstoffe können die in der Tabelle angegebenen Umrechnungsfaktoren herangezogen werden. (neue Stützweite $L=L_A \times f_1 \times f_2$)

Stützweiten für PE100

Da für PE100 momentan noch keine gültigen Kriechmodulkurven vorliegen, empfehlen wir, die in der Tabelle für PE80 enthaltenen Stützweiten nach eventuell notwendiger Umrechnung (f_1- und f_2-Faktor) um 10% zu erhöhen.

Werkstoff	SDR-Reihe	Wanddicke	Durchflussstoff			
			Gase	Wasser	andere	
			Dichte [g/cm³]			
			< 0,01	1,00	1,25	1,50
Umrechnungsfaktor		f_2	f_1			
PE-80	33	0,75	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-H	33	0,75	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,91	1,47			
	11	1,00	1,30			
	7,4	1,07	1,21			
PP-R	33	0,55	1,65	1,0	0,96	0,92
	17,6/17	0,70	1,47			
	11	0,75	1,30			
	7,4	0,80	1,21			
PVDF	33	1,00	1,48	1,0	0,96	0,92
	21	1,08	1,36			

Ermitteln der Führungsabstände bei axial eingespannten Rohrstrecken

Werden Rohrleitungen so verlegt, dass eine axiale Bewegung nicht möglich ist, muss für die Betriebssicherheit die kritische Knicklänge beachtet werden. Die zu bestimmenden Abstände der Rohrführungen müssen eine Knicksicherheit von min. S_K=2,0 aufweisen.

Ist der erforderliche Führungsabstand L_F kleiner als der errechnete Unterstützungsabstand L_A, so ist L_A auf L_F zu reduzieren.

Werden axial eingespannte Rohrleitungen mit erhöhter Temperatur betrieben, so ist der ermittelte Führungsabstand L_A um 20% zu verringern. Die als erhöht anzusehenden Betriebstemperaturen sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Werkstoff	PE	PP	PVDF
Temperatur	>45°C	>60°C	>100°C

Für eine Mindestsicherheit von S_K=2,0 beträgt der Rohrführungsabstand:

$$erf L_F = 3{,}17 \cdot \sqrt{\frac{J_R}{\varepsilon \cdot A_R}} \geq L_A$$

L_F erforderlicher Abstand der Rohrführungslager [mm]

J_R Rohr-Trägheitsmoment [mm^4]

A_R Rohrwandringfläche [mm^2]

ε verhinderte Dehnung laut Gleichung S.[47]

Eine vereinfachte Ermittlung der Rohrführungsabstände ist unter Zuhilfenahme folgender Tabelle möglich:

da	Erforderlicher Führungsabstand L_F [mm] in Abhängigkeit zur verhinderten Längsdehnung [ ]								
[mm]	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01	0,012	0,015	0,02
16	505	355	250	205	175	160	145	130	110
20	645	455	320	260	225	200	185	165	140
25	805	570	400	330	285	255	230	205	180
32	1030	730	515	420	365	325	295	265	230
40	1290	910	645	525	455	405	370	330	285
50	1615	1140	805	660	570	510	465	415	360
63	2035	1440	1015	830	720	640	585	525	455
75	2425	1715	1210	990	855	765	700	625	540
90	2910	2060	1455	1185	1030	920	840	750	650
110	3560	2515	1780	1450	1255	1125	1025	915	795
125	4045	2860	2020	1650	1430	1275	1165	1040	900
140	4530	3200	2265	1845	1600	1430	1305	1165	1010
160	5175	3660	2585	2110	1830	1635	1495	1335	1155
180	5825	4120	2910	2375	2060	1840	1680	1500	1300
200	6475	4575	3235	2640	2285	2045	1865	1670	1445
225	7280	5150	3640	2970	2575	2300	2100	1880	1625
250	8090	5720	4045	3300	2860	2555	2335	2085	1805
280	9065	6405	4530	3700	3200	2865	2615	2340	2025
315	10195	7210	5095	4160	3605	3220	2940	2630	2280
355	11495	8125	5745	4690	4060	3635	3315	2965	2570
400	12950	9155	6475	5285	4575	4095	3735	3340	2895

Ermitteln von Längenänderungen

Längenänderungen in einem Kunststoffrohrsystem können durch Prüf- oder Betriebsvorgänge ausgelöst werden. Es sind zu unterscheiden:

- Längenänderungen durch Temperaturwechsel
- Längenänderungen durch inneren Überdruck
- Längenänderungen durch chemische Einwirkung

Längenänderungen durch Temperaturwechsel

Wird die Rohrleitung unterschiedlichen Temperaturen (Betriebs- oder Umgebungstemperaturen) ausgesetzt, so verändert sie ihre Lage entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Rohrstrecken. Als Rohrstrecke wird der Abstand zwischen zwei Festpunkten angesehen.

Für die Berechnung von temperaturabhängigen Längenänderungen gilt:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

ΔL_T	....	Längenänderung infolge Temperaturänderung [mm]
α	....	linearer Ausdehnungskoeffizient [mm/m·°K]
L	....	Rohrlänge [m]
ΔT	....	Temperaturdifferenz [°K]

Bei der Festlegung von ΔT ist die niedrigste und höchste Rohrwandtemperatur T_R bei Montage, Betrieb oder Stillstand der Anlage anzusetzen.

α-Mittelwerte	mm/(m.K)	1/K
PE	0,18	$1{,}8 \times 10^{-4}$
PP	0,16	$1{,}6 \times 10^{-4}$
PVDF	0,13	$1{,}3 \times 10^{-4}$
ECTFE	0,08	$0{,}8 \times 10^{-4}$

Längenänderungen durch Innendruckbelastung

Die durch den inneren Überdruck hervorgerufene Längsdehnung einer geschlossenen und reibungsfrei gelagerten Rohrstrecke beträgt:

$$\Delta L_P = \frac{0{,}1 \cdot p \cdot (1-2\mu)}{E_c \cdot \left(\frac{da^2}{di^2} - 1\right)} \cdot L$$

ΔL_P	...	Längenänderung durch inneren Überdruck [mm]
L	...	Rohrleitungslänge [mm]
p	...	Betriebsdruck [bar]
μ	...	Querkontraktionszahl [-]
E_c	...	Kriechmodul [N/mm²]
da	...	Rohraußendurchmesser [mm]
d_i	...	Rohrinnendurchmesser [mm]

Längenänderungen durch chemische Einwirkung

Unter Einwirkung bestimmter Durchflussstoffe (z.B. Lösemittel) kann es bei thermoplastischen Rohrleitungen zu einer Längenzunahme sowie Vergrößerung des Rohrdurchmessers kommen (Quellung). Gleichzeitig wird eine Minderung der Festigkeitskennwerte registriert. Zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs von lösemittelbeaufschlagten Rohrleitungen aus Thermoplasten wird empfohlen, die Dimensionierung für den Belastungsfall Quellung mit einem Faktor von

f_{Ch}=0,025 ... 0,040 [mm/mm]

vorzunehmen.

Die erwartete Längenänderung einer Rohrstrecke unter Lösemitteleinwirkung kann demnach wie folgt ermittelt werden:

$$\Delta L_{Ch} = f_{Ch} \cdot L$$

ΔL_{Ch} ... Längenänderung aus Quellung [mm]

L ... Rohrleitungslänge [mm]

f_{Ch} ... Quellungsfaktor [-]

Hinweis: Für anwendungsbezogene Berechnungen von lösemittelbeaufschlagten Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen muss der f_{Ch}-Faktor durch gezielte Untersuchungen ermittelt werden.

Berechnung der Biegeschenkellängen

Längenänderungen entstehen durch Änderungen der Betriebs- oder Umgebungstemperatur. Bei freiverlegten Leitungen ist daher für einen ausreichenden axialen Bewegungsausgleich zu sorgen.
In den meisten Fällen können Richtungsänderungen im Leitungsverlauf über Biegeschenkel zur Aufnahme der Längenänderung genutzt werden. Andernfalls müssten Dehnungsschleifen eingesetzt werden.

Die Mindestlänge der Biegeschenkel ergibt sich aus:

$$L_s = k \cdot \sqrt{\Delta L \cdot da}$$

L_s	....	Biegeschenkellänge [mm]
ΔL	....	Längenänderung [mm]
da	....	Rohraußendurchmesser [mm]
k	....	Materialspezifischer Proportionalitätsfaktor Mittelwerte: PP 30, PE 26, PVDF 20 (exakte Werte siehe Tabelle)

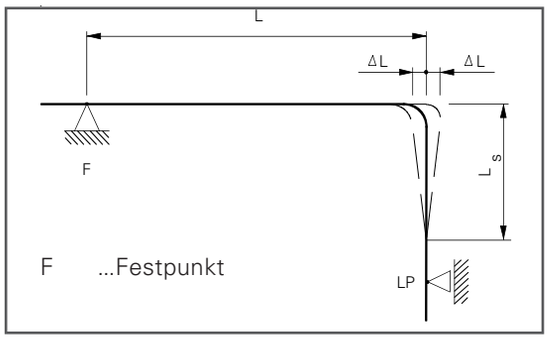
Ist dies nicht realisierbar, sind Kompensatoren mit möglichst geringem Eigenwiderstand einzusetzen. Sie können je nach Bauart als Axial-, Lateral- oder Angular-Kompensatoren eingesetzt werden.
Zwischen zwei Festpunkten ist jeweils ein Kompensator anzuordnen. Für eine ausreichende Führung der Rohrleitung in Lospunkten ist zu sorgen, wobei die auftretenden Reaktionskräfte zu berücksichtigen sind.

Materialspezifische Proportionalitätsfaktoren k

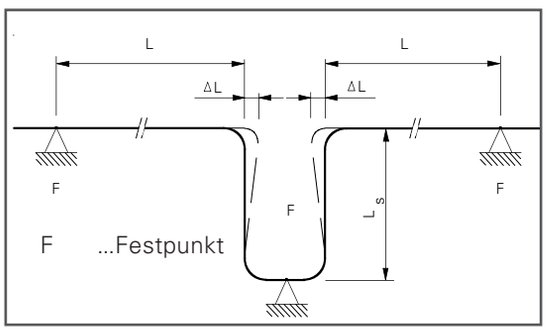
	0°C	10°C	30°C	40°C	60°C
bei Temperaturwechsel					
PE	16	17	23	28	-
PP	23	25	29	31	40
einmalige Temperaturänderung					
PE	12	12	16	17	-
PP	18	18	20	20	24

Anmerkung: Bei der Berechnung der k-Werte wurde eine Montagetemperatur von 20°C zugrunde gelegt. Bei niedrigeren Temperaturen ist die Schlagzähigkeit des Materials zu beachten.
Für drucklose Rohre (z.B. Lüftung) kann der k-Wert um 30% reduziert werden.

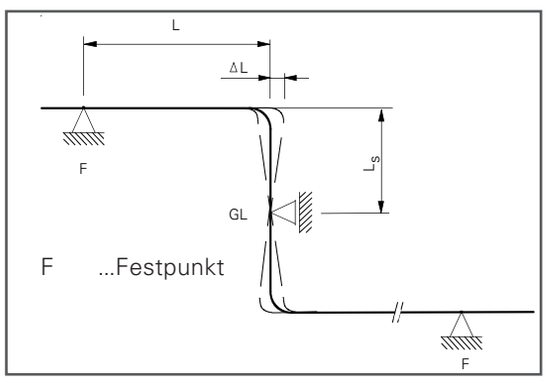
Prinzipzeichnung L-Dehnungsbogen



Prinzipzeichnung U-Dehnungsbogen



Prinzipzeichnung Z-Dehnungsbogen



Berechnung der Biegeschenkellängen

Biegeschenkellängen in [mm] für Rohre aus Polypropylen und Polyethylen[1)] in Abhängigkeit von der Längenänderung ΔL:

da	Längenänderung L [mm]								
[mm]	50	100	150	200	250	300	350	400	500
16	849	1200	1470	1697	1897	2078	2245	2400	2683
20	949	1342	1643	1897	2121	2324	2510	2683	3000
25	1061	1500	1837	2121	2372	2598	2806	3000	3354
32	1200	1697	2078	2400	2683	2939	3175	3394	3795
40	1342	1897	2324	2683	3000	3286	3550	3795	4243
50	1500	2121	2598	3000	3354	3674	3969	4243	4743
63	1684	2381	2916	3367	3765	4124	4455	4762	5324
75	1837	2598	3182	3674	4108	4500	4861	5196	5809
90	2012	2846	3486	4025	4500	4930	5324	5692	6364
110	2225	3146	3854	4450	4975	5450	5886	6293	7036
125	2372	3354	4108	4743	5303	5809	6275	6708	7500
140	2510	3550	4347	5020	5612	6148	6641	7099	7937
160	2683	3795	4648	5367	6000	6573	7099	7589	8485
180	2846	4025	4930	5692	6364	6971	7530	8050	9000
200	3000	4243	5196	6000	6708	7348	7937	8485	9487
225	3182	4500	5511	6364	7115	7794	8419	9000	10062
250	3354	4743	5809	6708	7500	8216	8874	9487	10607
280	3550	5020	6148	7099	7937	8695	9391	10040	11225
315	3765	5324	6521	7530	8419	9222	9961	10649	11906
355	3997	5652	6923	7994	8937	9790	10575	11305	12639
400	4243	6000	7348	8485	9487	10392	11225	12000	13416
450	4500	6364	7794	9000	10062	11023	11906	12728	14230
500	4743	6708	8216	9487	10607	11619	12550	13416	15000
560	5020	7099	8695	10040	11225	12296	13282	14199	15875
630	5324	7530	9222	10649	11906	13042	14087	15060	16837

1) Biegeschenkellängen in [mm] für Rohre aus Polyethylen

Aufgrund des niedrigeren materialspezifischen Proportionalitätsfaktors k von PE-HD (k=26) im Vergleich zu PP (k=30) können die in der Tabelle enthaltenen Biegeschenkellängen um 13% verringert werden.

Die Biegeschenkellänge für PE errechnet sich somit folgendermaßen:

$$L_{s(PEHD)} = 0{,}87 \cdot L_{s(PP)}$$

Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen

Für erdverlegte Rohrleitungen (z. B. Entwässerungskanäle) ist ein Spannungs- und Verformungsnachweis nach ATV, Merkblatt A 127, zu führen. Es können im Bedarfsfall aber auch andere Grundlagen, wie ÖVGW (Richtlinie G 52) oder Ergebnisse von Forschungsprojekten herangezogen werden.

Es steht für die Auflastberechnung nach ATV 127 in unserer Anwendungstechnik ein EDV-Programm zur Verfügung, um den geforderten Nachweis zu führen.
Füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen soweit als möglich vollständig aus. Wir werden Ihnen nach Erhalt des Fragebogens sofort eine entsprechende Statik erstellen.

1. Allgemeines

Bauvorhaben: _____

Bauort: _____

Bauherr: _____

2. Angaben zum Rohr

Rohrwerkstoff: _____ Rohrinnendurchmesser: _____ [mm]

Rohraussendurchmesser: _____ [mm] Wandstärke: _____ [mm]

Nennweite: _____ [mm]

3. Boden

Zone	1	2	3	4
Gruppe G (1,2,3,4)				
Bodenart (Kies, Sand, Ton Lehm,...)				
Wichte [kN/m³]				
Proctordichte [%]				
E-Modul des Bodens EB [N/mm²]				

4. Einbau

Damm ☐ Graben ☐

Kiesüberschüttung über dem Rohrscheitel (min.2xda) h = _____ [m]

Grabenbreite b= _____ [m]

Böschungswinkel β= _____ [°]

5. Auflast

Erde ☐ Muell ☐

Überschüttungshöhe h = _____ [m]

Wichte γ_B = _____ [kN/m³]

Flächenlast F = _____ [kN/m²]

Verkehrslast ohne ☐ LKW12 ☐ SLW30 ☐ SLW60 ☐

6. Betriebsbedingungen des Rohres

drucklose Abflussleitung

Betriebstemperatur T = _____ [°C]

Eintrittsquerschnitt bei Drainageleitungen A_E = _____ [%]

druckbeanspruchte Rohrleitung

Betriebstemperatur T = _____ [°C]

Betriebsdruck p = _____ [bar]

Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen

Erläuterungen zu den einzelnen Punkten des Fragebogens

1. Allgemeines:
Diese allgemeinen Angaben sind nur notwendig, damit eine leichte Zuordnung der verschiedenen Projekte möglich ist.

2. Angaben zum Rohr:
Die wichtigste Angabe ist die Festlegung des Rohrwerkstoffes (Polyethylen oder Polypropylen), da normalerweise die Rohrabmessungen vorgegeben sind.

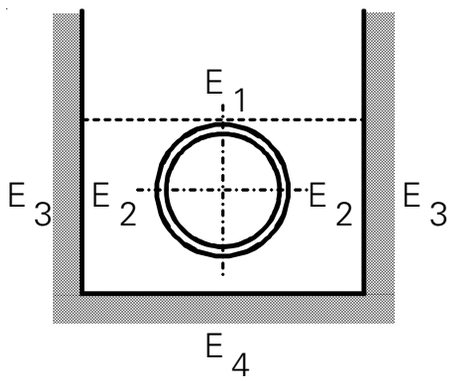
3. Boden / 4. Einbau:
Bei den verschiedenen Bodenarten unterscheidet man vier Gruppen.

Gruppe	Wichte γ_B [kN/m³]	Innerer Reibungswinkel φ'	Verformungsmodul E_B in [N/mm²] bei Verdichtungsgrad D_{Pr} in %					
			D_{Pr}					
			85	90	92	95	97	100
G1	20	35	2,0	6	9	16	23	40
G2	20	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	20	0,6	1,5	2	4	6	10

Die bei der Berechnung verwendeten Verformungsmodule des Bodens werden nach folgenden Zonen unterschieden:

E_1 .... Überschüttung über dem Rohrscheitel
E_2 .... Leitungszone seitlich des Rohres
E_3 .... anstehender Boden neben dem Graben bzw eingebauter Boden neben der Leitungszone
E_4 .... Boden unter dem Rohr (Baugrund)

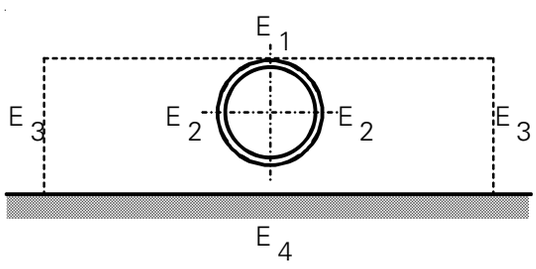
Grabenbedingung



5. Auflast:
Unter Überschüttungshöhe versteht man bei der Grabenbedingung die Verlegetiefe des Rohres (bezogen auf den Rohrscheitel) und bei der Dammbedingung die Müllüberdeckung.

6. Betriebsbedingungen des Rohres:
In diesem Punkt sind nur die entsprechenden Betriebsparameter für den jeweiligen Anwendungsfall einzusetzen.

Dammbedingung



Allgemeine Anforderungen

Die Qualität von Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen und Vorrichtungen sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien. Die Schweißnaht kann durch zerstörungsfreie und/oder zerstörende Verfahren geprüft werden.

Die Schweißarbeiten sind zu überwachen. Art und Umfang der Überwachung muss zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Es wird empfohlen, die Verfahrensdaten in Schweißprotokollen oder auf Datenträgern zu dokumentieren.

Jeder Schweißer muss ausgebildet sein und einen gültigen Qualifikationsnachweis führen. Das vorgesehene Anwendungsgebiet kann für die Art der Qualifikation bestimmend sein. Für das Heizelementstumpfschweißen von Tafeln sowie in industriellen Rohrleitungsbau gilt DVS 2212 Teil 1. Für Rohre >225mm Außendurchmesser ist ein ergänzender Befähigungsnachweis zu erbringen.

Die zum Schweißen verwendeten Maschinen und Vorrichtungen müssen den Anforderungen von DVS 2208 Teil 1 entsprechen. Für das Schweißen von Kunststoffen in der Hausinstallation gelten auch die Anforderungen der Merkblätter DVS 1905 Teil 1 und Teil 2.

Maßnahmen vor dem Schweißen

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z.B. Feuchtigkeits-einwirkung und Temperaturen unter +5°C) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z.B: Vorwärmen, Einzelten, Beheizen) sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende Halbzeugtemperatur eingehalten werden kann, darf - soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird - bei beliebiger Außentemperatur gearbeitet werden. Gegebenenfalls ist durch Herstellen von Probenähten unter den genannten Bedingungen ein zusätzlichen Nachweis zu führen.

Falls das Halbzeug infolge der Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt wird, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle ein Temperaturausgleich zu schaffen. Eine Abkühlung während des Schweißvorganges durch Luftzug ist zu vermeiden. Beim Schweißen von Rohren sind zusätzlich die Rohrenden zu verschließen.

PE und PP Rohre vom Ringbund sind unmittelbar nach dem Abrollen oval. Das zu schweißende Rohrende ist vor dem Schweißen zu richten, zum Beispiel durch vorsichtiges Anwärmen mit Hilfe eines Warmluftgerätes und Verwendung einer geeigneten Spann- und/oder Runddrückvorrichtung.

Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht beschädigt und müssen frei von Verunreinigungen (z.B. Schmutz, Fett, Späne) sein.

Bei allen Verfahren ist der Schweißbereich von Biegespannungen freizuhalten (zB sorgfältige Lagerung, Rollenböcke).

Die AGRU-Schweißrichtlinien sind gültig für die Verschweißung von Halbzeugen, Rohren und Formstücken aus den in der Tabelle enthaltenen Thermoplasten.

Bei AGRU-Halbzeugen, deren MFR-Wert außerhalb der hier angegebenen Bereiche liegt, ist die Schweißeignung durch Versuche nachzuweisen.

Materialbezeichnung		Schweißeignung
Polyethylen	PE 80, PE 100	MFR (190/5) = 0,3 - 1,7 [g/10min]
Polypropylen	PP-H, PP-R PP-H mit PP-R	MFR (190/5) = 0,3 - 1,0 [g/10min]
Sondertypen	PE 80-el PP-R-el PP-R-s-el	mit PE 80 mit PP-H und PP-R mit PP-H und PP-R

Anwendungsgrenzen der Verbindungsarten

Sämtliche Verbindungen sind soweit wie möglich spannungsfrei auszuführen. Spannungen, welche sich aus Temperaturdifferenzen ergeben können, sind durch geeignete Maßnahmen möglichst gering zu halten.
Die in der Tabelle enthaltenen längskraftschlüssigen Verbindungen sind zulässig.

Verbindungsart	Ø20 ... 63		Ø63 ... 110		Ø110 ... 225		Ø225 ... 1400	
	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6	< PN6	>= PN6
Heizelement-Stumpfschweißung (HS)	❶❷❸	❶ ... ❺	❶❷❸	❶ ... ❺	❶❷❸	❶ ... ❺[5]	❶❷❸	❶❷❸❹
Berührungslose Stumpfschweißung (Infrarot - IR)	❶❹	❶❹❺	❶	❶❹❺	❶	❶❹❺		
Innenwulstarme Stumpfschweißung (IS)	❶❷❸	❶❷❸	❶❷❸	❶❷❸	❶❷❸[1]	❶❷❸[1]		
Heizelement-Muffenschweißung (Polyfusion)		❶❷❸❹	❶❷❸	❶❷❸❹				
Elektro-Muffenschweißung (Heizwendelschweißung)		❶❷❸❹	❶❷❸	❶❷❸	❷	❶❷	❷[2]	❷[2]
Warmgasschweißung	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❻			
Extrusionsschweißung					❶❷❸❹	❶❷❸❹	❶❷❸❹	❶❷❸❹
Flanschverbindung	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❺	❶ ... ❺[5]	❶❷❸❹	❶❷❸❹[6]	❶❷❸❹[6]
Verschraubung	❶ ... ❺	❶ ... ❺						

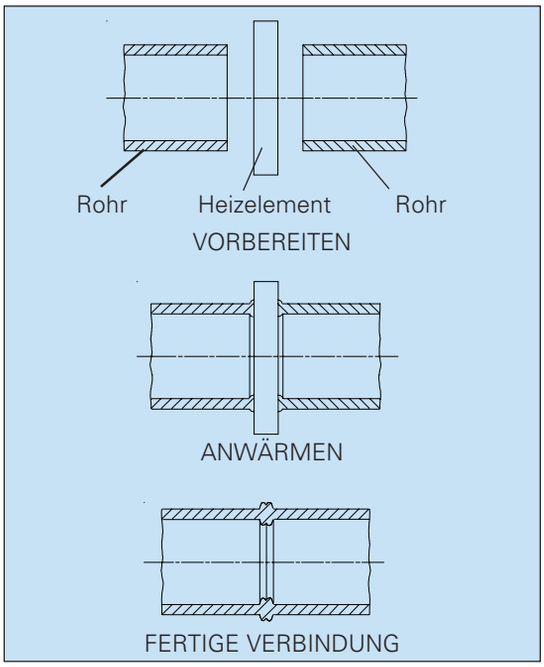
❶ ... PP-H100, PP-R80
❷ ... PE
❸ ... Sondertypen (PE80-el, PP-H-s, PP-R-s-el)
❹ ... PVDF
❺ ... ECTFE
1) bis Ø160
2) <PN6 bis Ø600
3) <PN6 bis Ø400
4) bis Ø25
5) bis Ø160
6) bis Ø315

Heizelementstumpfschweißen

(in Anlehnung an DVS 2207 Teil 1 für PEHD, Teil 11 für PP und Teil 15 für PVDF)

Verfahrensbeschreibung

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile am Heizelement unter Druck angeglichen (Angleichen), anschließend mit reduziertem Druck auf Schweißtemperatur erwärmt (Anwärmen) und nach Entfernung des Heizelementes (Umstellen) unter Druck zusammengefügt (Fügen).



Prinzip des Heizelementstumpfschweißens am Beispiel eines Rohres

Alle Schweißungen müssen mit Maschinen und Geräten durchgeführt werden, die den Anforderungen nach DVS 2208 Teil 1 entsprechen.

Vorbereiten zum Schweißen

Vor Beginn der Schweißarbeiten ist die zum Schweißen notwendige Heizelementtemperatur zu kontrollieren. Dies erfolgt z.B. mit einem schnellanzeigenden Temperaturmessgerät für Oberflächenmessungen. Die Kontrollmessung muss innerhalb der dem Halbzeug entsprechenden Fläche des Heizelementes erfolgen. Damit sich ein thermisches Gleichgewicht einstellen kann darf das Heizelement frühestens 10 Minuten nach Erreichen der Solltemperatur eingesetzt werden.

Für optimale Schweißungen ist das Heizelement vor jeder Schweißung mit nicht faserndem Papier zu reinigen. Die antiadhäsive Beschichtung oder Bespannung des Heizelementes muss im Arbeitsbereich unbeschädigt sein.

Für die einzusetzenden Maschinen müssen die jeweiligen Fügekräfte bzw. Fügedrücke vorgegeben sein. Diese können sich z.B. auf Herstellerangaben, errechnete oder gemessene Werte beziehen. Zusätzlich ist beim Rohrschweißen die bei langsamer Bewegung des Werkstückes auftretende Bewegungskraft bzw. der Bewegungsdruck am Anzeigeinstrument der Schweißmaschine abzulesen und zu der vorher ermittelten Fügekraft bzw. zu dem Fügedruck zu addieren.

Die Nennwanddicken der zu schweißenden Teile müssen im Fügebereich übereinstimmen.

Rohre und Formstücke sind vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial auszurichten. Die leichte Längsbeweglichkeit des anzuschweißenden Teiles ist zum Beispiel durch verstellbare Rollenböcke oder pendelnde Aufhängung sicherzustellen.

Die zu verbindenden Flächen sind unmittelbar vor dem Schweißen mit einem sauberen und fettfreien Planhobel spanend zu bearbeiten, sodass sie im eingespannten Zustand planparallel sind. Zulässige Spaltbreite unter Angleichdruck siehe folgende Tabelle.

Rohraußendurchmesser [mm]	Spaltbreite [mm]
≤ 355	0,5
400 ... < 630	1,0
630 ... < 800	1,3
800 ... ≤ 1000	1,5
>1000	2,0

Zugleich mit der Kontrolle der Spaltbreite ist der Versatz zu prüfen. Der Versatz der Fügeflächen zueinander darf an der Rohraußenseite bzw. Tafel das zulässige Maß von 0,1 x Wanddicke nicht überschreiten.

Nicht bearbeitete Schweißflächen dürfen weder beschmutzt noch mit den Händen berührt werden, da sonst eine erneute Bearbeitung notwendig wird. In das Rohr gefallene Späne sind zu entfernen.

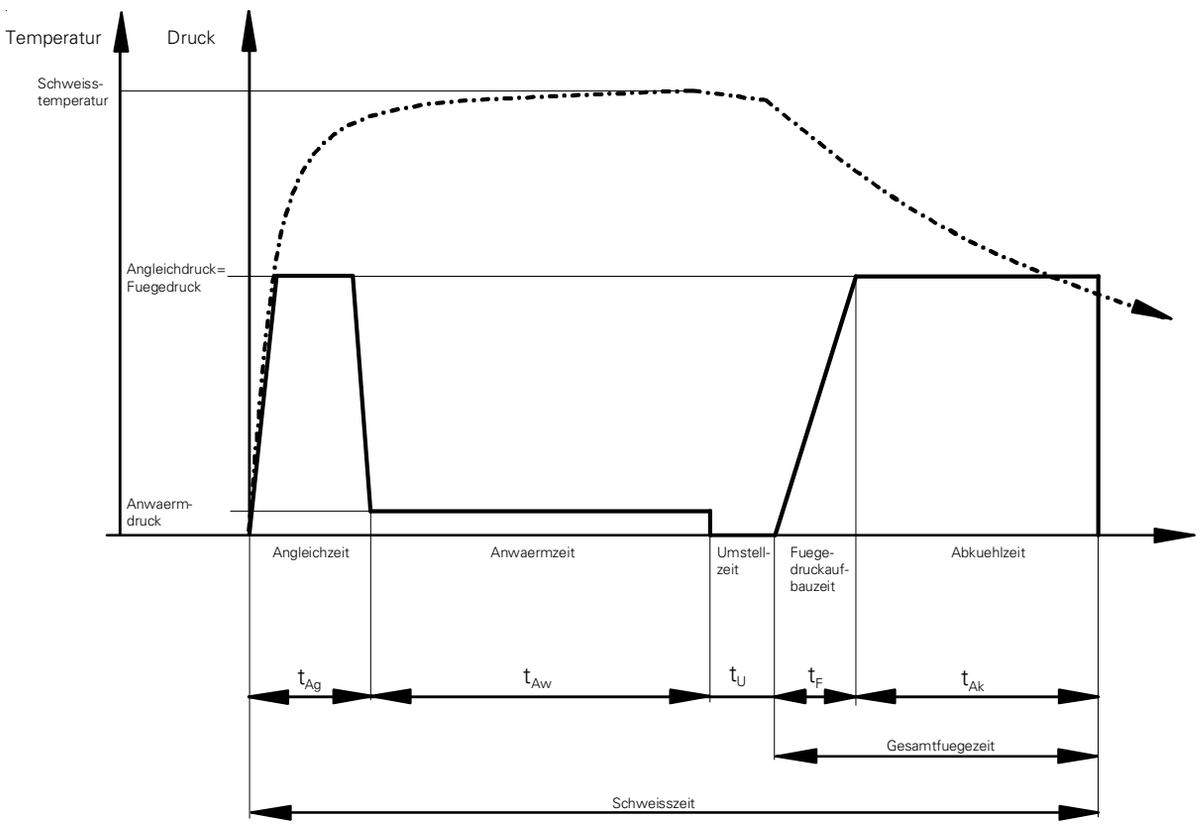
Heizelementstumpfschweißen

Ausführen des Schweißens

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die zu verbindenden Flächen mittels Heizelement auf Schweißtemperatur gebracht und nach Entfernen des Heizelementes unter Druck zusammengefügt. Die Heizelementtemperaturen sind in folgender Tabelle aufgeführt. Grundsätzlich gilt, dass bei kleineren Wanddicken die obere und bei großen Wanddicken die untere Temperatur anzustreben ist.

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Heizelement-temperatur [°C]	200 bis 220	200 bis 220	232 bis 248	275 bis 285

Der schrittweise Ablauf des Schweißvorganges



Heizelementstumpfschweißen

Schweißparameter

Richtwerte für die Heizelementstumpfschweißung von PP, PE, PVDF und ECTFE Rohren und Formstücken bei einer Außentemperatur von ca. 20°C und mäßiger Luftbewegung.

Materialtype	Wanddicke [mm]	Wulsthöhe [mm]	Anwärmzeit tAW [sec]	Umstellzeit t_U [sec]	Fügedruckaufbauzeit tF [sec]	Abkühlzeit tAk [min]
PP-H, PP-R PP-H-s, PP-R-el, PP-R-s-el		P=0,10 N/mm²	P=0,01 N/mm²		P=0,10 N/mm²	
	 4,5	0,5	 135	5	6	6
	4,5 7,0	0,5	135 175	5 6	6 7	6 12
	7,0 12,0	1,0	175 245	6 7	7 11	12 20
	12,0 19,0	1,0	245 330	7 9	11 17	20 30
	19,0 26,0	1,5	330 400	9 11	17 22	30 40
	26,0 37,0	2,0	400 485	11 14	22 32	40 55
	37,0 50,0	2,5	485 560	14 17	32 43	55 70
PE80 PE100 PE-el		P=0,15 N/mm²	P≤0,02 N/mm²		P=0,15 N/mm²	
	 4,5	0,5	 45	5	5	6
	4,5 7,0	1,0	45 70	5 6	5 6	6 10
	7,0 12,0	1,5	70 120	6 8	6 8	10 16
	12,0 19,0	2,0	120 190	8 10	8 11	16 24
	19,0 26,0	2,5	190 260	10 12	11 14	24 32
	26,0 37,0	3,0	260 370	12 16	14 19	32 45
	37,0 50,0	3,5	370 500	16 20	19 25	45 60
	50,0 70,0	4,0	500 700	20 25	25 35	60 80
PVDF		P=0,10 N/mm²	P=0,01 N/mm²		P=0,10 N/mm²	
	1,9 3,5	 0,5	59 75	3	3 4	5,0 6,0
	3,5 5,5	 0,5	75 95	3	4 5	6,0 8,5
	5,5 10,0	0,5 1,0	95 140	4	5 7	8,5 14,0
	10,0 15,0	1,0 1,3	140 190	4	7 9	14,0 19,0
	15,0 20,0	1,3 1,7	190 240	5	9 11	19,0 25,0
	20,0 25,0	1,7 2,0	240 290	5	11 13	25,0 32,0
ECTFE		P=0,085 N/mm²	P=0,01 N/mm²		P=0,085 N/mm²	
	1,9 3,0	0,5	12 25	4	5	3 5
	3,0 5,3	0,5	25 40	4	5	5 7
	5,3 7,7	1,0	40 50	4	5	7 10

Spezifischer Anpressdruck

In den meisten Fällen ist der einzustellende Anpressdruck [bar] oder die Anpresskraft [N] den Tabellen auf den Schweißmaschinen zu entnehmen. Zur Überprüfung bzw. bei nicht vorhandenen Drucktabellen ist der erforderliche Anpressdruck (oder Kraft) wie folgt zu berechnen:

Bei hydraulischen Maschinen ist die errechnete Schweißkraft [N] in den einzustellenden Hydraulikdruck umzurechnen.

Berechnung der Schweißfläche:

$$A_{Rohr} = \frac{\left(da^2 - di^2\right) \cdot \pi}{4}$$

oder

$$\approx d_m \cdot \pi \cdot s$$

Berechnung der Schweißkraft:

$$F = p_{spez} \cdot A_{Rohr}$$

Heizelementstumpfschweißen

Angleichen

Hierbei werden die zu schweißenden Fügeflächen solange an das Heizelement gedrückt, bis die gesamten Flächen planparallel am Heizelement anliegen. Dies ist an der Ausbildung der Wülste zu erkennen. Das Angleichen ist abgeschlossen, wenn die Wulsthöhe am gesamten Rohrumfang bzw. der gesamten Plattenoberseite die geforderten Werte erreicht haben. Die Wulsthöhen gelten als Indiz dafür, dass die Fügeflächen ganzflächig am Heizelement anliegen. Bei größeren Rohrdurchmessern (>630mm) ist bei Beginn der Schweißarbeiten mit Hilfe einer Probenaht die ausreichende Wulstbildung auch auf der Rohrinnenseite zu kontrollieren. Der Angleichdruck wirkt während des gesamten Angleichvorganges.

	PE	PP	PVDF	ECTFE
Angleich- und Fügedruck [N/mm²]	0,15	0,10	0,10	0,08 bis 0,09

Anwärmen

Zum Anwärmen müssen die Flächen mit geringem Druck am Heizelement anliegen. Dazu wird der Druck auf nahe null (<0,01 N/mm²) abgesenkt. Beim Anwärmen dringt die Wärme in die zu schweißenden Flächen ein und bringt diese auf Schweißtemperatur.

Umstellen

Nach dem Anwärmen sind die Fügeflächen vom Heizelement zu lösen. Das Heizelement ist ohne Beschädigung und Verschmutzung der erwärmten Fügeflächen herauszunehmen. Die Fügeflächen sind danach schnell bis unmittelbar vor der Berührung zusammenzufahren. Die Umstellzeit soll so klein wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten. Die Schweißnahtqualität würde dadurch nachteilig beeinflusst.

Durchführung der Druckprüfung

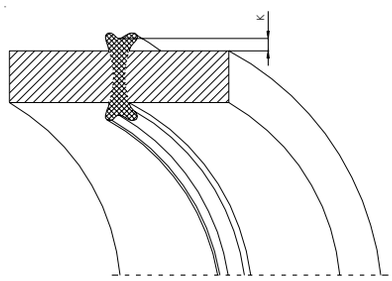
Bis zur Durchführung der Druckprobe müssen alle Schweißverbindungen völlig abgekühlt sein (in der Regel 1 Stunde nach der letzten Schweißung). Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften durchzuführen (z.B. DVS® 2210 Teil 1 - siehe Tabelle).
Während der Druckprobe ist die Rohrleitung gegen Veränderungen der Umgebungstemperatur (Sonneneinstrahlung) zu schützen.

Fügen

Die zu schweißenden Flächen sollen bei Berührung mit einer Geschwindigkeit nahe null zusammentreffen. Der erforderliche Fügedruck wird möglichst linear ansteigend aufgebracht.

Der Fügedruck muss während der Abkühlzeit aufrecht erhalten werden. Erhöhte mechanische Beanspruchungen sind nur nach verlängerter Abkühlung zulässig. Unter Werkstattbedingungen und geringfügiger mechanischer Beanspruchung beim Ausspannen und Lagern dürfen insbesondere bei dick-wandigen Teilen die Kühlzeiten unterschritten werden. Die Montage oder Weiterverarbeitung darf erst nach vollständigem Auskühlen erfolgen.

Nach dem Fügen muss über den gesamten Umfang ein Doppelwulst vorhanden sein. Die Wulstausbildung gibt eine Orientierung über die Gleichmäßigkeit der Schweißungen untereinander. Unterschiedliche Wulstausbildungen können durch verschiedenartiges Fliessverhalten der verbundenen Materialien begründet sein. Aus Erfahrung mit den handelsüblichen Halbzeugen im angegebenen MFR-Bereich kann von der Schweißeignung ausgegangen werden, auch wenn dies zu unsymmetrischen Schweißwülsten führen kann. K muss immer größer als 0 sein.



Druckprüfung nach DVS® 2210 Teil 1

Gegenstand		Vorpruefung	Hauptpruefung	Kurzpruefung
Pruefdruck		1,5 x PN max. PN + 5 bar	1,3 x PN max. PN + 3 bar	1,5 x PN max. PN + 5 bar
Pruefdauer	Rohrleitungen ohne Verzweigungen ges. L ≤ 100m	mind. 3 h	mind. 3 h	mind. 1 h
	Rohrleitungen mit Verzweigungen ges. L ≥ 100m	mind. 6 h	mind. 6 h	mind. 3 h
Kontrolle waehrend der Pruefung		jede 1h **mit** Wiederherstellung des Pruefdruckes	jede 1,5h **ohne** Wiederherstellung des Pruefdruckes	jede 1h **ohne** Wiederherstellung des Pruefdruckes
werkstoffspezifischer Druckabfall (Anhaltswerte)		bis 0,8 bar/h	bis 0,8 bar/h	bis 0,8 bar/h
Hinweise zur jeweiligen Pruefung		Standard		Sonderfall (Zustimung des Auftraggebers erforderlich)

Heizelementstumpfschweißen

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Stumpfschweißung
(in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Spanneinrichtung

Die Spanneinrichtungen sollen den Rohrmantel zumindest parallel zur Schweißebene umschließen, um hohe örtliche Spannungen im Rohr und Verformungen zu vermeiden. Sie müssen so stabil sein, dass mit ihnen die geometrische Kreisform der Rohre gehalten werden kann. Sie dürfen auch unter großen Arbeitskräften ihre Lage zu den Führungen nicht verändern.
Für Formstücke wie Vorschweißbunde und -flansche sind spezielle Spannvorrichtungen vorzusehen, die keine Verformung des Werkstückes zulassen.

Das auf der beweglichen Maschinenseite eingespannte Rohr muss gegebenenfalls durch leichtgängige Rollenböcke so unterstützt und exakt ausgerichtet werden, dass die zum Schweißen erforderlichen Arbeitsdrücke und -bedingungen eingehalten werden können.

Zwecks besserer Zentrierung der Werkstücke ist eine Höhenverstellbarkeit der Spannelemente zu empfehlen.

Führungselemente

Führungselemente und Spanneinrichtungen müssen gemeinsam gewährleisten, dass im jeweiligen Arbeitsbereich der Maschinen bei maximalem Arbeitsdruck und bei größtem Rohrdurchmesser an der ungünstigsten Stelle keine größeren Spaltbreiten (gemessen an kalten Fügeflächen) durch Biegung und Aufbäumen entstehen (siehe Tab. Seite 56).
Gemessen wird bei eingespannten und maschinell plan gearbeiteten Rohren durch Einlegen eines Distanzstückes an der Führung gegenüberliegender Stelle. Führungselemente müssen an den Gleitflächen gegen Korrosion geschützt sein, z.B. durch Hartverchromen.

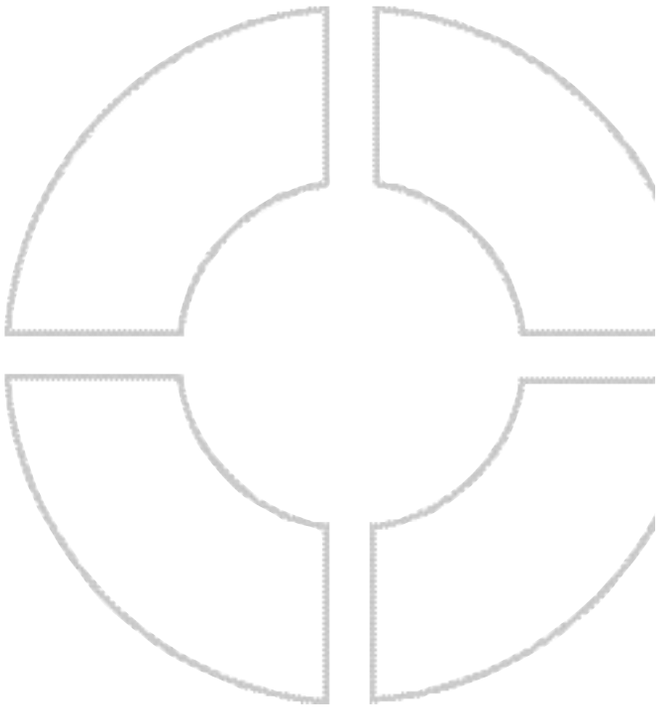
Heizelemente

Das verwendete Heizelement muss innerhalb seiner Nutzfläche planparallel sein. Zulässige Abweichungen von der Planparallelität (gemessen bei Raumtemperatur nach mindestens einmaligen Aufheizen des Heizelementes auf maximale Betriebstemperatur):

Rohraussen Ø bzw. Kantenlänge	zulässige Abweichung
÷ 250 mm	≤ 0,2 mm
÷ 500 mm	≤ 0,4 mm
> 500 mm	≤ 0,8 mm

Für Werkstattbetrieb ist das Heizelement im allgemeinen fest an der Maschine montiert. Bei nicht fest angegliederten Heizelementen müssen zum Einbringen entsprechende Vorrichtungen vorhanden sein (zB Griffe, Haken, Ösen).

Falls Größe und Beschaffenheit des Heizelementes maschinelles Ablösen von den Verbindungsflächen erfordern, sind auch dazu entsprechende Vorrichtungen vorzusehen.
Die Stromzuführung ist im Bereich des Heizelementes gegen thermische Beschädigungen zu schützen. Ebenso ist die Nutzfläche des Heizelementes gegen Beschädigungen zu schützen.
Zur Aufnahme des Heizelementes zwischen den Schweißvorgängen sind Schutzvorrichtungen zu verwenden.



Heizelementstumpfschweißen

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Stumpfschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Einrichtungen zur Schweißnahtvorbereitung

Um die Verbindungsflächen im eingespannten Zustand der Rohre planparallel bearbeiten zu können, ist ein entsprechendes spanabhebendes Werkzeug vorzusehen. Maximal zulässige Abweichungen von der Planparallelität der Fügestoßflächen:

Rohraussen Ø da [mm]	Abweichung [mm]
< 400	≤ 0,5
≥ 400	≤ 1,0

Die Bearbeitung kann mit angebauten oder leicht einzubringenden Vorrichtungen (wie Sägen, Hobel, Fräser) erfolgen.

Steuer- und Regeleinrichtungen für Druck, Zeit und Temperatur

Der Druckbereich der Maschine ist so auszulegen, dass eine Druckreserve von 20% des Druckes vorhanden ist, der für den maximalen Schweißquerschnitt und zur Überwindung der Reibungskräfte erforderlich ist.
Druck und Temperatur müssen einstell- und reproduzierbar sein. Die Zeitsteuerung erfolgt in der Regel manuell.

Um ein reproduzierbares Arbeiten zu gewährleisten, ist ein Heizelement mit elektronischer Temperatursteuerung vorzuziehen. Die geforderten Leistungs- und Toleranzkennwerte sind zu gewährleisten.

Aufbau der Maschine und Sicherheit im Einsatz

Baustellenmaschinen sollen bei der Erfüllung der genannten Anforderungen möglichst leicht gebaut sein.
Zum Transportieren und Einbringen in den Rohrgraben müssen entsprechende Vorrichtungen vorhanden sein (z.B. Griffe, Ösen).
Beim Bau und Betrieb der Maschinen sind die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen nach VDE und UUV zu beachten, insbesondere wenn mit elektrischer Spannung über 42 V gearbeitet wird.

Werkstattmaschinen müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Stabile Ausführung
- Universeller Grundaufbau (Hilfswerkzeuge und Spannbacken einschwenk- oder einfahrbar)
- Schnellspannvorrichtung
- Möglichst hoher Mechanisierungsgrad
- Angabe der Druckübersetzung (Hydraulik-/Schweißdruck) auf dem Typenschild
- Anbringungsmöglichkeit von Arbeitsdiagrammen im Bedienungsbereich
- Bei größeren Maschinen ist ein Fahrwerk mit Feststellvorrichtung (standfest, höhenverstellbar, mit eingebauter Wasserwaage) empfehlenswert

BS - Berührungslose Stumpfschweißung für PP, PVDF und ECTFE (Infrarot-Schweißung)

Schweißverfahren

Dabei handelt es sich um eine normale Stumpfschweißung, bei der jedoch die zu verbindenden Teile das Heizelement nicht berühren.
Die Erwärmung erfolgt durch Strahlungswärme. Der wesentliche Vorteil dieser Technik besteht darin, dass während der Anwärmphase fast keine Wulstbildung auftritt und dadurch nach dem Fügevorgang wesentlich kleinere Wülste als bei der Heizelement-Stumpfschweißung entstehen. Auch tritt keine Verschmutzung der Stirnflächen auf, da das Heizelement die zu verbindenden Teile nicht berührt (nähere Informationen entnehmen Sie bitte unserer technischen Broschüre "SP Serie").

Schweißparameter

Richtwerte der Schweißparameter für die berührungslose Stumpfschweißung von PP-Rohren und Formstücken brauchen nicht gesondert erwähnt werden, da diese Daten für das jeweilige Material und der zu verschweißenden Dimension in der Maschine gespeichert sind.

Neue Generation von Schweißmaschinen für Infrarot-Schweißung

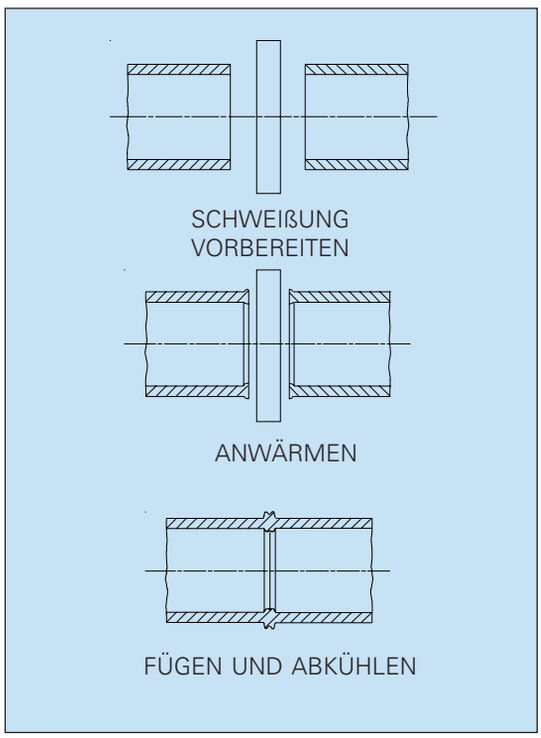
SP-Schweißmaschinen

Diese neue entwickelte Schweißmaschinengeneration arbeitet vollautomatisch und ist für verschiedene Materialien einsetzbar (PP, PVDF, ECTFE, PFA).

Folgende Maschinengrößen sind vorhanden:

SP 110 S
SP 315 S

Schematische Darstellung des Schweißvorganges



Heizelementmuffenschweißen

Heizelement Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS 2207, Teil 1 für PE-HD, Teil 11 für PP und Teil 15 für PVDF)

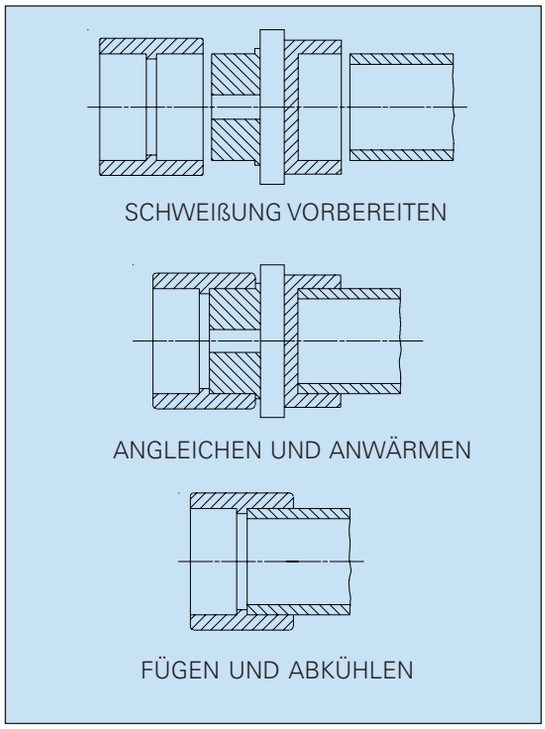
Schweißverfahren
Beim Heizelement-Muffenschweißen werden Rohr und Formstück überlappend geschweißt. Rohrende und Formstückmuffe werden mit Hilfe eines muffen- bzw. stutzenförmigen Heizelementes auf Schweißtemperatur erwärmt und anschließend verbunden.
Rohrende, Heizelement und Formstückmuffe sind maßlich so aufeinander abgestimmt, dass sich beim Fügen ein Fügedruck aufbaut (siehe schematische Darstellung).
Heizelement-Muffenschweißungen können bis einschließlich Rohraußendurchmesser 40 mm von Hand hergestellt werden. Darüber hinaus ist wegen der zunehmenden Fügekräfte eine Schweißvorrichtung zu verwenden.
Die Richtlinien der DVS® sind während der gesamten Schweißung zu beachten!

Schweißtemperatur (T)

PP-H, PP-R	250 ÷ 270 °C
PE-HD	250 ÷ 270 °C
PVDF	250 ÷ 270 °C

Schweißparameter
Richtwerte für die Heizelement-Muffenschweißung von PP- und PE-HD-Rohren und Formstücken bei einer Außentemperatur von ca. 20 °C und mäßiger Luftbewegung.

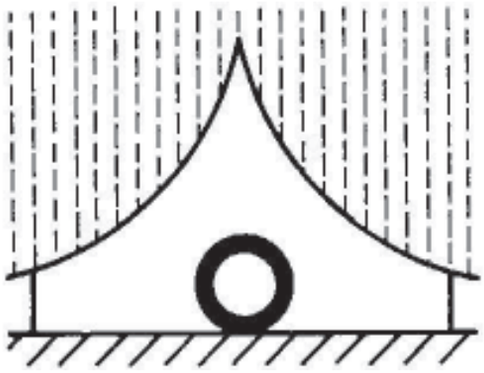
Schematische Darstellung des Schweißvorganges



Material-type	Rohraussen-durchmesser da [mm]	Schweisstemperatur [°C]	Anwärmzeit t_{Aw} [sec] SDR 17,6; 17	Anwärmzeit t_{Aw} [sec] SDR 11; 7,4; 6	Umstellzeit t_U [sec]	Abkühlzeit t_{Ak} fixiert [sec]	Abkühlzeit t_{Ak} gesamt [min]
PEHD, PP	16		-	5	4	6	2
	20	250 ÷ 270	-	5	4	6	2
	25		[1]	7	4	10	2
	32		[1]	8	6	10	4
	40	250 ÷ 270	[1]	12	6	20	4
	50		[1]	18	6	20	4
	63		[1](PEHD); 10 (PP)	24	8	30	6
	75	250 ÷ 270	15	30	8	30	6
	90		22	40	8	40	6
	110	250 ÷ 270	30	50	10	50	8
	125	250 ÷ 270	35	60	10	60	8
			Rohrwanddicke [mm]	Anwärmzeit [sec]			
PVDF	16		1,5	4	4	6	2
	20	250 ÷ 270	1,9	6	4	6	2
	25		1,9	8	4	6	2
	32		2,4	10	4	12	4
	40	250 ÷ 270	2,4	12	4	12	4
	50		3,0	18	4	12	4
	63		3,0	20	6	18	6
	75	250 ÷ 270	3,0	22	6	18	6
	90		3,0	25	6	18	6
	110	250 ÷ 270	3,0	30	6	24	8

[1] infolge zu geringer Wanddicke nicht empfehlenswert

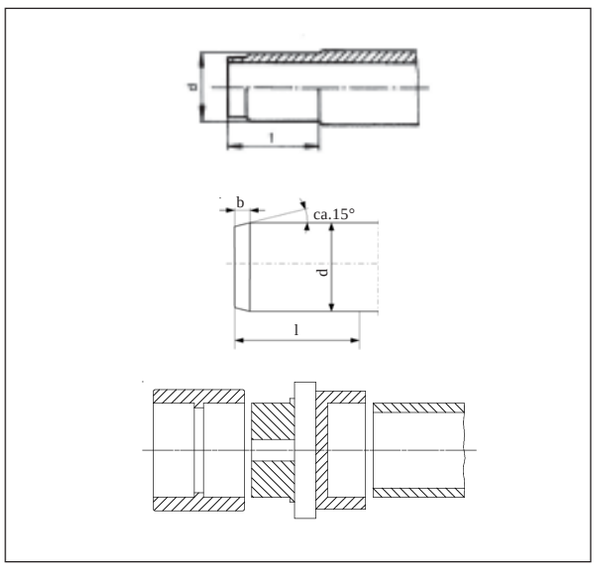
Verarbeitungsrichtlinien
Heizelement Muffenschweißung



Schweißplatzvorbereitung
Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten), Kontrolle der Schweißeinrichtung.
Schweißzelt oder Ähnliches aufstellen.

Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

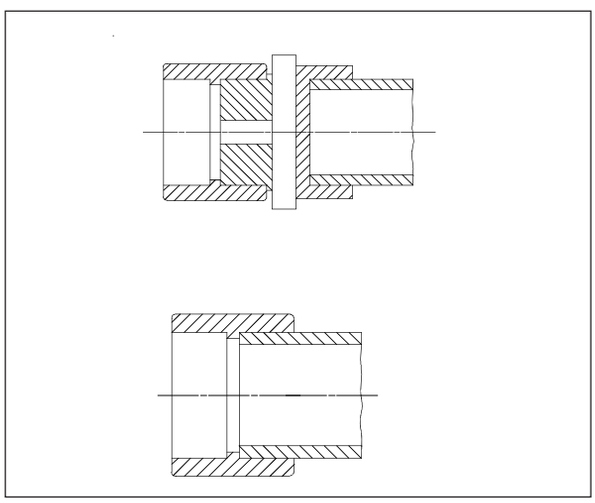
Rohrenden rechtwinkelig abschneiden und Innenkante mit einem Messer entgraten.
Gemäß DVS® 2207; Teil 1 das Rohrende entsprechend nebenstehender Tabelle anschrägen und mittels Schälwerkzeug so weit bearbeiten, bis die Messer des Schälwerkzeuges mit der Stirnseite des Rohres bündig abschließen.
Schweißbereich von Rohr und Formstück mit nicht faserndem Papier und Reinigungsmittel (z.B. Aceton oder Ähnlichem) gründlich reinigen.
Sollte der Schälvorgang nicht erforderlich sein, ist die Rohroberfläche mittels Ziehklinge zu bearbeiten und die Einstecktiefe (t) am Rohr zu markieren.



Rohrdurch-messer	Rohrfase für		Einstecktiefe für	
	PEHD, PP	PVDF	PEHD, PP	PVDF
d [mm]	b [mm]	b [mm]	l [mm]	l [mm]
16	2	2	13	13
20	2	2	14	14
25	2	2	15	16
32	2	2	17	18
40	2	2	18	20
50	2	2	20	22
63	3	3	26	26
75	3	3	29	31
90	3	3	32	35
110	3	3	35	41

Vorbereitung zum Schweißen
Heizelementtemperatur kontrollieren (zu prüfen am Heizdorn bzw. an der Heizmuffe).
Heizmuffe und Heizdorn sind gründlich vor jedem Schweißvorgang zu reinigen (mit nicht faserndem Papier). Dabei ist unbedingt darauf zu achten, dass eventuell anhaftende Schmelzrückstände entfernt werden.

Ausführung des Schweißvorganges
Formstück und Rohr zügig und axial auf den Heizdorn bzw. in die Heizmuffe bis zum Anschlag (bzw. Markierung) aufschieben. Anwärmzeit gemäß Tabelle abwarten.
Nach Ablauf der Anwärmzeit Formstück und Rohr ruckartig von den Heizelementen abziehen und sofort ohne verdrehen bis zum Zusammentreffen beider Schweißwülste ineinanderschieben.
Verbindung abkühlen lassen und anschließend ausspannen.
Die Verbindung darf erst nach Ablauf der Kühlzeit durch weitere Verlegearbeiten beansprucht werden.
Schweißen von Hand:
Teile ausrichten und mindestens 1 Minute unter Druck festhalten (siehe Tab. S 54: Kühlzeit fixiert).



Verarbeitungsrichtlinien Heizelement Muffenschweißung

Visuelle Schweißnahtkontrolle

Der äußere Wulst der Schweißnaht ist zu prüfen. Dabei muss dieser am gesamten Rohrumfang sichtbar sein.

Durchführung der Druckprüfung

Bis zur Durchführung der Druckprobe müssen alle Schweißverbindungen völlig abgekühlt sein (in der Regel 1 Stunde nach der letzten Schweißung). Die Druckprobe ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften durchzuführen (zB DVS® 2210 Teil 1 - siehe Tabelle).
Während der Druckprobe ist die gesamte Rohrleitung gegen Veränderungen der Umgebungstemperatur (Sonneneinstrahlung) zu schützen.

Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Heizelement-Muffenschweißungen werden im stationären Werkstattbetrieb sowie im Baustelleneinsatz betrieben. Als Einzweckmaschinen sollten diese für einen weitgehend mechanisierten Ablauf der Schweißung ausgelegt sein.

Spanneinrichtungen

Eindrücke auf den Werkstückoberflächen, verursacht durch die spezielle Spanneinrichtung für Rohrleitungsteile, dürfen die mechanischen Eigenschaften der fertigen Verbindung nicht nachteilig beeinflussen.

Führungselemente

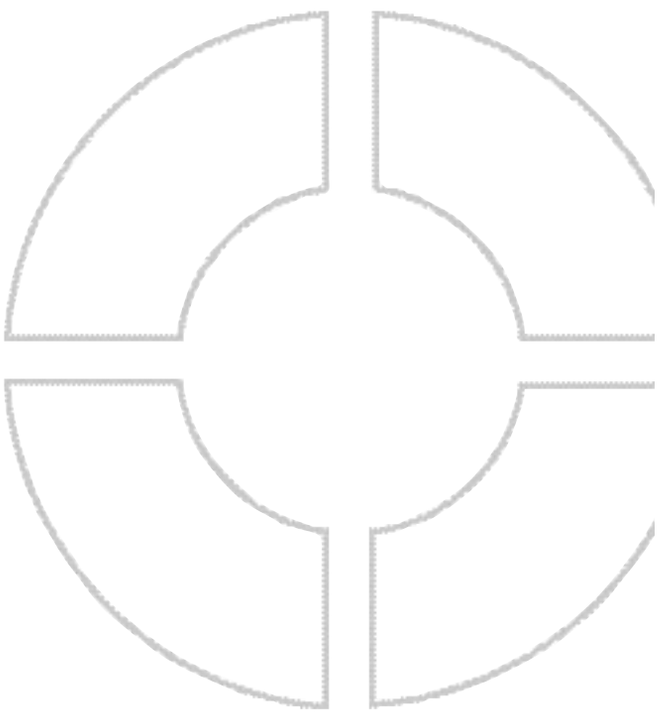
Führungselement, Spanneinrichtungen und Heizelement müssen gemeinsam gewährleisten, dass im jeweiligen Arbeitsbereich der Maschine die Fügeteile zentrisch zum Heizelement und zueinander geführt werden. Erforderlichenfalls ist eine Einstellmöglichkeit zur Zentrierung vorzusehen.

Aufbau der Maschine und Sicherheit im Einsatz

Im Aufbau der Maschine sollen bei der Erfüllung der genannten Anforderungen in Konstruktion und Ausführung folgende Punkte berücksichtigt sein:
- stabile Ausführung
- universeller Grundaufbau (Hilfswerkzeuge und Spannbacken einschwenk- oder einfahrbar)
- Schnellspannvorrichtung
- Möglichst hoher Mechanisierungsgrad (reproduzierbarer Schweißablauf)

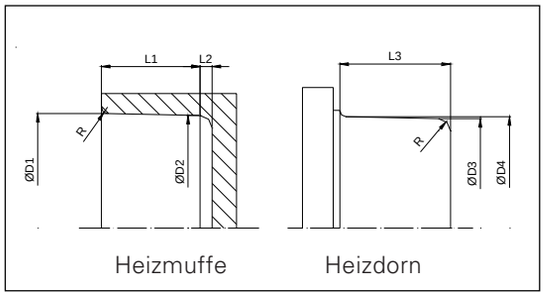
Druckprüfung nach DVS® 2210 Teil 1

Gegenstand		Vorpruefung	Hauptpruefung	Kurzpruefung
Pruefdruck		1,5 x PN max. PN + 5 bar	1,3 x PN max. PN + 3 bar	1,5 x PN max. PN + 5 bar
Pruefdauer	Rohrleitungen ohne Verzweigungen ges. L ≤ 100m	mind. 3 h	mind. 3 h	mind. 1 h
	Rohrleitungen mit Verzweigungen ges. L ≥ 100m	mind. 6 h	mind. 6 h	mind. 3 h
Kontrolle waehrend der Pruefung		jede 1h **mit** Wiederherstellung des Pruefdruckes	jede 1,5h **ohne** Wiederherstellung des Pruefdruckes	jede 1h **ohne** Wiederherstellung des Pruefdruckes
werkstoffspezifischer Druckabfall (Anhaltswerte)		bis 0,8 bar/h	bis 0,8 bar/h	bis 0,8 bar/h
Hinweise zur jeweiligen Pruefung		Standard		Sonderfall (Zustimung des Auftraggebers erforderlich)



Anforderungen an das Schweißgerät für Heizelement-Muffenschweißung (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 1)

Heizelemente
Für die Abmessungen der Heizwerkzeuge gelten die in der Tabelle enthaltenen Werte (entsprechen dem Entwurf der ISO TC 138 GAH 2/4, Dokument 172 E).



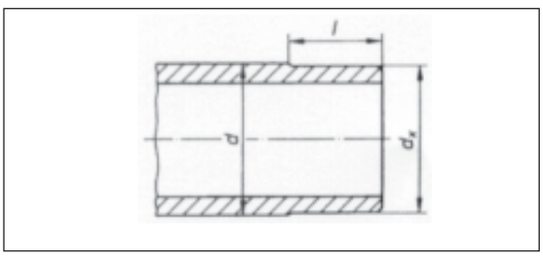
Abmessungen der Heizelemente für Heizelement-Muffenschweißung Typ B (mit mechanischer Rohrbearbeitung)

Rohrdurchmesser [mm]	ØD1 [mm]	ØD2 [mm]	ØD3 [mm]	ØD4 [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	R [mm]
16	15,9	15,76	15,37	15,5	14	4	13	2,5
20	19,85	19,7	19,31	19,45	15	4	14	2,5
25	24,85	24,68	24,24	24,4	17	4	16	2,5
32	31,85	31,65	31,17	31,35	19,5	5	18	3,0
40	39,8	39,58	39,1	39,3	21,5	5	20	3,0
50	49,8	49,55	49,07	49,3	24,5	5	23	3,0
63	62,75	62,46	61,93	62,2	29	6	27	4,0
75	74,75	74,42	73,84	74,15	33	6	31	4,0
90	89,75	89,38	88,75	89,1	37	6	35	4,0
110	109,7	109,27	108,59	109	43	6	41	4,0
125	124,7	124,22	123,49	123,95	48	6	46	4,0

[1)]Maßangaben gelten bei 260 ÷ 270°C

Maßtoleranzen:
÷ 40 mm ± 0,04 mm
> 50 mm ± 0,06 mm

Werkzeuge zur Schweißnahtvorbereitung
Beim Heizelement-Muffenschweißen mit mechanischer Bearbeitung (Verfahren B) ist zum Kalibrieren und Anfasen der Verbindungsflächen des Rohres ein Schälwerkzeug erforderlich. Dieses muss auf das verwendete Heizelement und die Formstückmuffe abgestimmt sein. Das Schälwerkzeug wird mit einem Lehrdorn eingestellt.



für die Muffenschweißung vorbereitetes Rohrende (Maßangaben siehe Tabelle)

Kalibrierdurchmesser und -länge für die spanende Bearbeitung der Rohrenden bei Verfahren B

Rohraussendurchmesser [mm]	Kalibrierdurchmesser d_x [mm]	Kalibrierlänge l [mm]
20	19,9 ± 0,05	14
25	24,9 ± 0,05	16
32	31,9 ± 0,05	18
40	39,85 ± 0,10	20
50	49,85 ± 0,10	23
63	62,8 ± 0,15	27
75	74,8 ± 0,15	31
90	89,8 ± 0,15	35
110	109,75 ± 0,20	41
125	124,75 ± 0,20	44

Heizwendelschweißung
(in Anlehnung an DVS® 2207 Teil 1 für PEHD)

Schweißverfahren

Beim Heizwendelschweißen werden Rohr und Formteil mit Hilfe von Widerstandsdrähten (Heizwendel) erwärmt und verschweißt. Die Widerstandsdrähte sind im Formteil komplett eingebettet, dies bewirkt eine glatte Innenoberfläche. Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißtransformators.

Die Schrumpfspannungen der Heizwendelformteile erzeugen den notwendigen Schweißdruck, der eine optimale Verschweißung sicherstellt.

Das Verfahren zeichnet sich durch die verwendete Sicherheitskleinspannung sowie durch einen hohen Automatisierungsgrad aus.

Schweißsysteme

Für die Verschweißung von AGRU-E-Formteile sollte ein Universalschweißgerät herangezogen werden.
Dieser Schweißautomat ist ein Gerät mit Barcodekennung, es überwacht vollautomatisch alle Funktionen während des Schweißvorganges und zeichnet diese auf.

Bei Universalgeräten mit Magnetcodekennung wird nach dem Einlesen der Code auf der Karte gelöscht, d. h. die Karte ist nur einmal verwendbar.

Geeignete Schweißmaschinen

Für die Verschweißung von elektroschweißbaren AGRU-Formteilen sind unter anderem folgendende Universalschweißgeräte mit Barcodeerkennung geeignet:

- Polymatic plus + top**
- Hürner junior+, print+**

Allgemeine Schweißeignung

Es können nur gleichartige Werkstoffe miteinander verschweißt werden. Der MFR-Wert der E-Formteile aus PE liegt im Bereich von 0,3 - 1,3 g/10min. Sie können mit Rohren und Formteilen aus PE 80 und PE 100 verschweißt werden, deren MFR-Wert zwischen 0,3 und 1,7 g/10min liegt.

Die verschweißbaren SDR-Serien und die maximale Ovalität sind in der untenstehenden Tabelle zu ersehen.

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen, wie Regen, Schnee, intensiver Sonneneinstrahlung oder Wind zu schützen.
Zulässiger Temperaturbereich für PE liegt bei -10°C bis +50°C. Die nationalen Richtlinien sind ausserdem zu berücksichtigen.

Schweißparameter

Die Schweißparameter werden durch den Barcode bestimmt. Der Barcode ist direkt am Formteil angebracht.

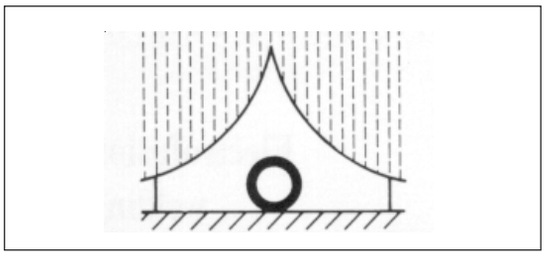
Für AGRU Heizwendelformteile gilt:

		SDR 33	SDR 26	SDR 17,6	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
SDR 11	20	nein	nein	nein	nein	nein	ja*	ja*	ja*
	25	nein	nein	nein	nein	nein	ja**	ja**	ja**
	32	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
	40	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	50	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	63	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	75	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	90	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	110	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	125	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	140	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	160	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	180	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	200	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	225	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	250	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	280	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	315	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	355	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	400	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	450	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
	500	nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein
SDR 17	450	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	500	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	560	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	630	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
	710	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein

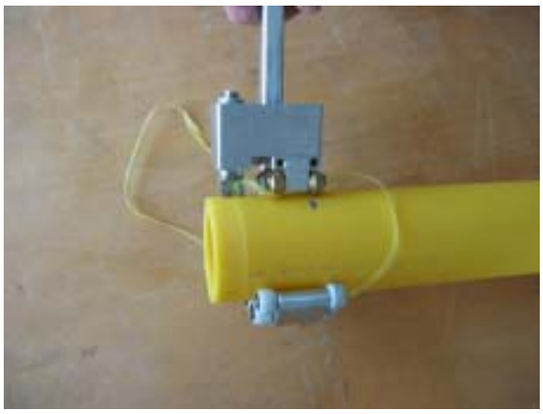
* schweißbar mit Wanddicken ab 2,3mm bis 3,5mm
** schweißbar mit Wanddicken ab 2,5mm bis 3,8mm
Dünnwandigere Rohre müssen mit Stützhülsen verschweißt werden.

Heizwendelschweißung

Schweißplatzvorbereitung



Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)



Vorbereitung zum Schweißen

Verarbeitungsrichtlinien

Schweißgerät aufstellen, Zubehör vorbereiten, Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißzelt oder ähnliches aufstellen.

siehe Umgebungstemperatur bzw. Umgebungseinflüsse Seite 54.

Rohr mit geeignetem Schneidwerkzeug rechtwinkelig abtrennen und Einstecklänge markieren.

Einstecklänge = Muffenlänge/2

Rohr im Bereich der Einstecklänge mit trockenem Lappen von grobem Schmutz reinigen, und anschließend mit einem geeignetem Schälgerät bearbeiten oder mit einer Ziehklinge sorgfältig in axialer Richtung abziehen (Spandicke min. 0,2mm). Rohrende innen und außen entgraten.

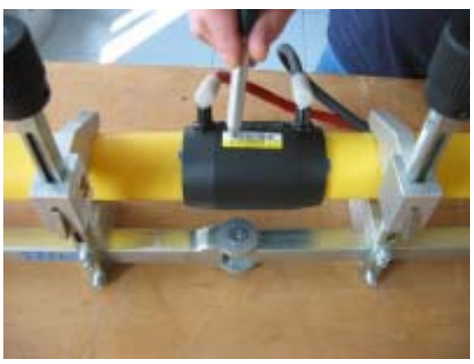
Wird anstelle des Rohres ein Formteil verschweißt, so ist am Formteil der Reinigungs- und Schälvorgang im Schweißbereich wie beim Rohr durchzuführen.

Der E-Formteil soll unmittelbar vor der Verschweißung aus der Verpackung genommen werden.
Die Muffeninnenseite und das geschälte Rohrende sollten keinesfalls mit den Fingern berührt werden.
Kann eine Verschmutzung nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, sind die Schweißflächen mit einem geeigneten PE-Reiniger und faserfreiem Papier zu reinigen. Bevor weitere Schritte folgen, ist darauf zu achten, dass die zu verschweißenden Flächen trocken sind und Reinigungsreste unbedingt mit faserfreiem, saugfähigem Papier entfernt werden.
Nun wird die Muffe bis zum Mittenanschlag bzw. zur markierten Einstecklänge auf das vorbereitete Ende des Rohres geschoben.

Heizwendelschweißung

Vorbereitung zum Schweißen

Ausführung des Schweißvorganges



Verarbeitungsrichtlinien

Der zweite mit der Muffe zu verschweißende Teil (Rohr oder Formteil) ist ebenfalls vorzubereiten.

Zweites Rohrende (bzw. Formteil) in die Muffe einschieben und beide Rohre so in die Haltevorrichtung einspannen, dass zwischen Schweißzone und Rohr (bzw. Formteil) keine Kräfte auftreten und die Muffe noch leichtgängig drehbar ist.

Kontrolle:
Sollte eine Markierung vom Muffenende entfernt sein, ist das Rohr nicht bis zum Anschlag eingeschoben.
Die Einspannung muss gelockert werden, und die Rohrenden müssen soweit eingeschoben werden, dass die Markierungen direkt an den Muffenenden sichtbar sind.

Die Bedienungsanleitung des verwendeten Schweißgerätes ist zu beachten. Die folgenden Ausführungen beschreiben nur den wesentlichen Inhalt des Schweißablaufes.

Die beiden Steckanschlüsse der Muffe werden nach oben gedreht (dabei axiale Lage der Muffe nicht verändern) und mit dem Anschlusstecker des Schweißkabels verbunden. Schweißkabel so anordnen, dass dessen Gewicht die Schweißmuffe nicht verdreht.

Nach dem Verbinden des Anschlusssteckers meldet der Schweißautomat am Display den richtigen Anschluss.

Die Eingabe der Schweißparameter erfolgt mit einem Lesestift oder Scanner. Die Eingabe wird durch einen Signalton bestätigt.

Nach Eingabe der Schweißparameter wird im Display der Schweißmaschine Fabrikat, Dimension und Außentemperatur angezeigt. Diese Werte sind zu bestätigen. Anschließend erfolgt aus Kontrollgründen die Abfrage, ob das Rohr bearbeitet wurde.

Schweißen ohne Halteklemmen:
AGRU Heizwendelformteile können auch ohne den Einsatz von Halteklemmen verarbeitet werden. Es gelten die Verarbeitungsgrundsätze der DVS® 2207 Teil 1 und die AGRU Verarbeitungsrichtlinien.
Auf eine spannungsfreie Einbausituation ist zu achten. Sollte dies nicht der Fall sein, sind geeignete Haltevorrichtungen zu verwenden.

Heizwendelschweißung

Ausführung des Schweißvorganges

Visuelle Kontrolle und Protokollierung

Verarbeitungsrichtlinien

Optional wird auf AGRU-Formteilen ein Rückverfolgbarkeitsbarcode angebracht. Durch diesen Barcode ist eine automatisierte, elektronisch erstellte Dokumentation der Bauteilrückverfolgung gewährleistet.
Die Verwendung des Traceabilitycodes ist nicht zwingend, d.h. wenn Sie diesen nicht verwenden, ändert sich für Sie an Ihrem gewohnten Arbeitsablauf nichts. Sie können weiterhin Ihr gewohntes Schweißgerät einsetzen.

Der Schweißvorgang wird durch Drücken der grünen Starttaste begonnen. Auf dem Display ist nun zusätzlich die Soll- und Ist-Schweißzeit sowie die Schweißspannung sichtbar.

Während des gesamten Schweißvorganges (inklusive Abkühlzeit) muss die Spannvorrichtung montiert bleiben. Das Ende der Verschweißung wird durch einen Signalton angezeigt.

Die Spannvorrichtung wird nach Ablauf der Abkühlzeit entfernt. Diese Abkühlzeit ist unbedingt einzuhalten!
Bei Unterbrechung der Schweißung (z.B. durch Stromausfall) ist ein Nachschweißen der Muffe zulässig, sofern der Heizwendelformteil auf Umgebungstemperatur (<35°C) abgekühlt ist.

minimale Kühlzeiten:

da 20 mm	-	63 mm	6 min.
da 75 mm	-	125 mm	10 min.
da 140 mm			15 min.
da 160 mm	-	180 mm	20 min.
da 200 mm	-	280 mm	30 min.
da 315 mm	-	400 mm	45 min.
da 450 mm	-	500 mm	60 min.

Die korrekte Verschweißung kann durch den Schweißindikator an der Muffe visuell kontrolliert werden. Darüber hinaus werden sämtliche Parameter der Schweißung geräteintern gespeichert. Diese Daten können als Schweißprotokoll ausgedruckt werden.

Heizwendelschweißung - Großmuffen

Schweißen von Heizwendelmuffen >500mm

Anlegen der Spanngurte

Ausführung des Schweißvorganges

Verarbeitungsrichtlinien

Für die Verarbeitung von Heizwendelmuffen >500mm gelten die selben Vorbereitungsschritte wie auf Seite 68 und 69 beschrieben.

Jedoch sind nach dem Einschieben der Rohre folgende Punkte zu beachten.

Nach dem Einschieben der Rohre müssen anschließend beide von AGRU mitgelieferten Spanngurte (50mm breit) angelegt werden.

Anlegen des Spanngurtsystems siehe Seite 72.

Die Gurte müssen in die Nut eingelegt und von Hand stramm festgezogen werden, bis sich die Gurte nicht mehr verschieben lassen. Ein zusätzliches Werkzeug ist nicht erlaubt.

Nach dem korrekten Anlegen der Spanngurte ist die Schweißung wie auf Seite 70 beschrieben auszuführen.

minimale Kühlzeiten:
da 560 mm - 710 mm 90 min.

Beide Spanngurte müssen wie folgt in die Nuten eingelegt und befestigt werden.

Ratschenhebel öffnen

Loses Ende in die Schlitzwelle einfädeln und durchziehen.

Gurt spannen.

Gurt so lange mittels Ratschenhebel spannen bis dieser stramm an der Muffe anliegt und von Hand nicht mehr verrutscht werden kann.

Nach dem Spannen des Gurtes den Ratschenhebel in Schließstellung bringen.

Zum Lösen den Funktionsschieber ziehen und den Ratschenhebel um ca. 180° bis zum Endanschlag öffnen.

Warmgas-Ziehschweißung

(in Anlehnung an DVS® 2207, Teil 3 für PP, PE-HD, PVDF und analog für ECTFE)

Schweißverfahren

Beim Warmgasschweißen werden die Fügeflächen und die Außenzonen des Schweißzusatzes mit Warmgas - in der Regel mit heißer Luft - in einen plastischen Zustand gebracht und unter geringem Druck miteinander verbunden. Das verwendete Warmgas muss wasser-, staub- und ölfrei sein.
Diese Richtlinie gilt für das Warmgasschweißen von Rohren und Platten aus thermoplastischen Kunststoffen wie PP und PE-HD. Die Materialdicke des zu schweißenden Halbzeuges beträgt im allgemeinen 1 bis 10 mm.
Anwendungsgebiete dieses Schweißverfahrens finden sich im Apparate-, Behälter- und Rohrleitungsbau.

Rohrleitungen für die Gas- und Wasserversorgung dürfen nicht warmgasgeschweißt werden!

Schweißeignung von Grundmaterial und Schweißzusatz

Von dem Grundmaterial und dem Schweißzusatz muss gemäß Richtlinie DVS® 2201, Teil 1 die Schweißeignung gegeben sein.

Voraussetzung für eine hochwertige Schweißung ist die Verwendung eines art- und möglichst typengleichen Schweißzusatzes. Diese müssen in der Beschaffenheit und Anforderung dem Merkblatt DVS® 2211 entsprechen.
Die gebräuchlichsten Schweißzusätze sind Runddrähte von 3 und 4 mm Durchmesser. Es kommen aber auch Sonderprofile wie Oval-, Dreikant- und Drillingstäbe sowie auch Bänder zum Einsatz. Nachfolgend wird vereinfacht von Schweißdraht gesprochen.

Schweißparameter

Richtwerte für ca. 20 °C Außentemperatur (gemäß DVS 2207)

Werkstoff	Schweisskraft [N]		Warmluft-temperatur [1]	Luftmenge
	Draht Ø3mm	Draht Ø4mm	[°C]	[l/min]
PEHD, PEHD-el	10 ÷ 16	25 ÷ 35	300 ÷ 350	40 ÷ 60
PP-H, PP-R PP-R-el, PP-H-s PP-R-s-el	10 ÷ 16	25 ÷ 35	280 ÷ 330	40 ÷ 60
PVDF, PVDFflex	12 ÷ 17	25 ÷ 35	350 ÷ 400	40 ÷ 60
ECTFE	12 ÷ 17	25 ÷ 35	340 ÷ 350	48 ÷ 52

[1] gemessen im Warmluftstrom etwa 5 mm in der Düse

Anforderung an den Schweißer und Schweißgeräte

Der Kunststoffschweißer muss die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Durchführung der Schweißung besitzen.
In der Regel bedeutet dies eine abgeschlossene Ausbildung zum Kunststoffschweißer mit ständiger Übung oder eine langjährige Praxis.
Warmgas-Schweißgeräte müssen den Anforderungen nach Merkblatt DVS® 2208, Teil 2 entsprechen.

Schweißen von ECTFE

Die Wahl des Gases ist ein sehr wichtiger Faktor beim ECTFE Schweißen. Es ist nicht notwendig, ECTFE mit Stickstoff zu schweißen; gute Qualitäten von ECTFE-Schweißnähte können ebenso mit Heißluft erreicht werden, wenn eine saubere und trockene Luft verwendet wird. Schweißen mit Stickstoff ist nur empfehlenswert, wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sind.

Sicherheitsvorkehrungen

Bei ECTFE - Schmelztemperaturen von > 300°C werden Chlorwasserstoff und Fluorwasserstoff freigesetzt. Diese können bei höheren Konzentrationen giftig sein und sollten daher nicht eingeatmet werden.
Die empfohlene Belastungsgrenze nach TWA fuer HCl ist 5ppm, für HF 3ppm.
Bei Atemkontakt mit ECTFE-Dämpfen sollte die Person sofort an die frische Luft gebracht und ein Arzt hinzugezogen werden (Gefahr von Polymer - Fieber!)

Folgende Sicherheitsvorkehrungen sollten daher beachtet werden:

- Für gute Belüftung im Arbeitsbereich muss gesorgt werden (ansonsten Atemschutz verwenden)
- Augenschutz verwenden
- Handschutz verwenden

Die Ziehdüse muss dem Querschnitt des jeweiligen Schweißdrahtes entsprechen. Um den erforderlichen Anpressdruck beim Schweißen großer Querschnitte aufbringen zu können, kann bei diesen Düsen ein zusätzlicher Druckgriff erforderlich sein. Spezielle Schlitzdüsen gestatten das Schweißen von Bändern.

Verarbeitungsrichtlinien
Warmgas-Ziehschweißung

Schweißplatzvorbereitung

Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten), Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißzelt oder Ähnliches aufstellen.

Schweißnahtvorbereitung (sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

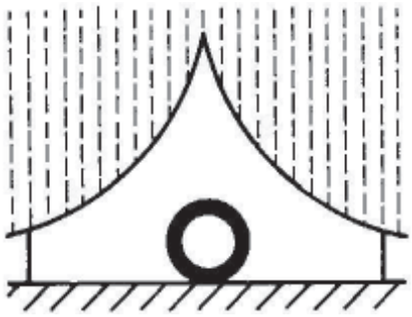
Die Fügeflächen und angrenzende Randzonen müssen vor dem Schweißen abgearbeitet werden (z.B,0 mittels Ziehklinge). Das Abziehen der Schweißdrähte ist ebenfalls empfehlenswert, bei PP jedoch unumgänglich. Durch Witterungs- oder Chemiekalieneinfluss oberflächlich geschädigte Teile müssen bis auf die ungeschädigte Zone abgearbeitet werden.

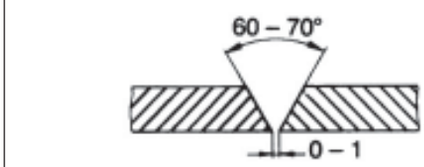
Die Formen der Schweißnähte an den Kunststoffbauteilen entsprechen im wesentlichen denen bei Metallen. Für die Auswahl der Nahtform an Behältern und Apparaten sind die Merkblätter der DVS® 2205, Teil 3 und 5 heranzuziehen. Insbesondere sind die allgemeinen schweißtechnischen Gestaltungsgrundsätze zu berücksichtigen. Die wichtigsten Nahtformen sind:
V-,Doppel-V-, HB-und K-Naht

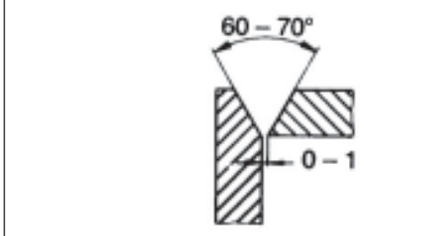
Bei beidseitiger Zugänglichkeit ist ab 4 mm Tafeldicke die Doppel-V-Naht zu empfehlen und ab 6 mm grundsätzlich auszuführen. Durch wechselseitiges Schweißen kann der Verzug der Tafel gering gehalten werden.

Vorbereitung zum Schweißen

Vor Schweißbeginn wird die eingestellte Warmlufttemperatur überprüft. Die Messung erfolgt mit einem Thermoelement etwa 5 mm in der Düse, bei Runddüsen in der Düsenmitte, bei Ziehdüsen in der Hauptdüsenöffnung. Der Durchmesser des Thermoelementes darf maximal 1 mm betragen. Die Messung der Luftmenge erfolgt vor Eintritt in das Schweißgerät mit einem Durchflussmessgerät.







Verarbeitungsrichtlinien Warmgas-Ziehschweißung

Ausführung des Schweißvorganges

Das Gefühl für Schweißgeschwindigkeit und Schweißkraft muss sich der Schweißer durch Übung aneignen. Die Schweißkraft kann durch Probeschweißen auf einer Tafelwaage ermittelt werden.
Der Schweißdraht wird in der Ziehdüse erwärmt und mit einem schnabelförmigen Ansatz am unterem Düsenteil in die Schweißfuge gedrückt. Durch die Vorwärtsbewegung der Düse wird der Schweißdraht in der Regel selbsttätig nachgezogen.
Gegebenenfalls muss der Schweißdraht von Hand nachgeschoben werden, um eine Reckung infolge Reibung in der Düse zu vermeiden.

Schweißnahtaufbau

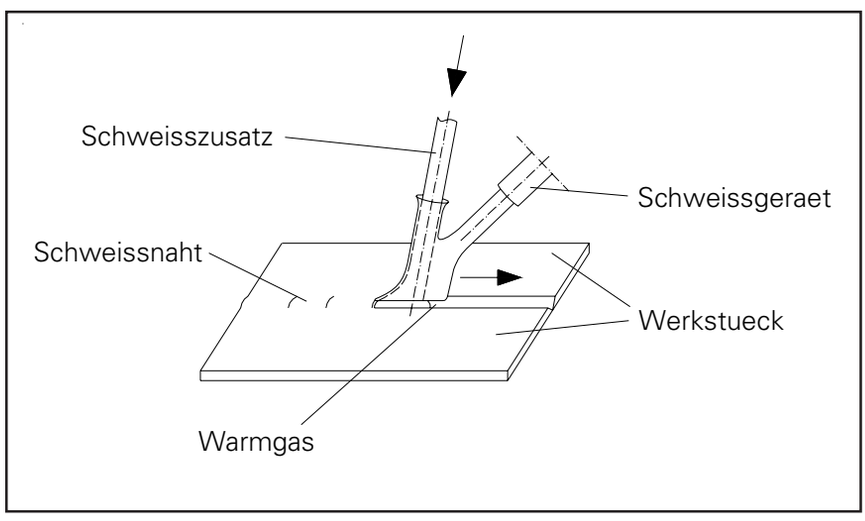
Die erste Lage der Schweißnaht wird mit Zusatzdraht Ø 3 mm geschweißt (Ausnahme bei 2 mm Wanddicke). Der nachfolgende Aufbau bis zur vollständigen Füllung kann mit Schweisßdrähten größeren Durchmessers erfolgen. Vor dem Schweisßen des jeweils folgenden Schweisßdrahtes ist der Schweißsaum des vorherigen mit einem geeignetem Schaber abzuziehen.

Schweißnahtnachbearbeitung

Die Schweißnähte werden normalerweise nicht überarbeitet. Ist eine Bearbeitung erforderlich, so darf die Grundmaterialdicke nicht unterschritten werden.

Visuelle Kontrolle der Schweißverbindung

Schweißverbindungen werden visuell auf Nahtfüllung, Oberflächenbeschaffenheit, Durchschweißen der Nahtwurzel und Fügeteilversatz geprüft.



- **Anforderungen an das Schweißgerät für Warmgas-Ziehschweißung** (in Anlehnung an DVS® 2208, Teil 2)

- Handschweißgeräte (mit externer Luftzufuhr)

  Die Geräte bestehen im wesentlichen aus Handgriff, Heizung, Düse, Luftzuführungsschlauch und elektrischer Anschlussleitung.
  Aufgrund ihrer Konstruktionsmerkmale sind sie besonders geeignet für länger dauernde Schweißarbeiten.

- Anforderungen an den Aufbau

  möglichst geringes Gewicht
  günstige Schwerpunktlage
  funktionell geformter Handgriff
  Leistungsaufnahme stufenlos einstellbar
  Steuerung in Handgriff eingebaut
  Bedienungselemente so anordnen, dass unbeabsichtigtes Verstellen verhindert wird
  Werkstoff des Handgriffes bruchsicher, wärmeisolierend, elektrisch nicht leitend, temperaturbeständig
  Warmgas-Führungsrohre verzunderungsarm, korrosionsbeständig
  leichte, fexible Schläuche ohne bleibende Querschnittsverengung nach Quetschungen

- Sicherheitsanforderungen

  Die Geräte müssen dem Benutzer Sicherheit gegen Verletzungen aller Art bieten. Insbesondere werden folgende Anforderungen gestellt:

  Gerätebereiche, die eine Verbrennungsgefahr darstellen, sind so klein wie möglich zu halten
  Handnahe Teile sollen auch bei längerem Gebrauch nicht Temperaturen über 40 °C erreichen
  Sicherung gegen Überhitzung
  (zB durch Luftmangel) des Gerätes muss vorhanden sein
  elektrische Ausrüstung muss den VDE-Bestimmungen entsprechen

- Luftzufuhr

  Zum Warmgasschweißen wird üblicherweise Luft verwendet, die von einem Druckluftnetz, einem Kompressor, einer Druckgasflasche oder einem Gebläse geliefert wird.
  Die zugeführte Luft muss sauber, wasser- und ölfrei sein, da andernfalls neben der Schweißnahtgüte auch die Lebensdauer der Schweißgeräte verringert wird. Daher sind entsprechende Öl- und Wasserabscheider vorzusehen.
  Das dem Gerät zugeführte Luftvolumen muss einstellbar sein und konstant gehalten werden (wichtig für die Temperatursteuerung des Gerätes).

- Schweißgeräte (mit eingebautem Gebläse)

  Die Geräte bestehen im wesentlichen aus Handgriff, eingebauten Gebläse, Heizung, Düse und elektrischer Anschlussleitung.
  Aufgrund ihrer Konstruktionsmerkmale sind sie dort einsetzbar, wo keine externe Luftzufuhr vorhanden ist. Wegen ihrer Abmessungen und ihres Gewichtes sind sie jedoch für länger dauernde Schweißarbeiten weniger geeignet.

- Anforderungen an den Aufbau

  Gebläse muss für alle vorgesehenen Düsen die zum Schweißen verschiedener Kunststoffe erforderliche Luftmenge liefern (siehe DIN 16 960, Teil 1).
  Die elektrische Schaltung muss gewährleisten, dass die Heizung nur bei gleichzeitigem Betrieb des Gebläses eingeschaltet sein kann. Der Geräuschpegel des Gebläses muss den betreffenden Vorlagen entsprechen.

- Sicherheitsanforderungen

  Die für die einzelnen Geräte verwendeten Düsen müssen auch im beheizten Zustand leicht auswechselbar und sicher befestigt sein.
  Der Werkstoff muss verzunderungsarm und korrosionsbeständig sein.
  Zur Verminderung der Wärmeabstrahlung muss die Oberfläche der Düse möglichst glatt, z.B. poliert, sein.
  Zur Verringerung der Reibung müssen die Innenflächen der Gleitkufen von Ziehdüsen poliert sein. Gleiches gilt für die Gleitflächen von Heftdüsen.
  Zur Vermeidung von starken Luftwirbeln am Düsenaustritt müssen Runddüsen vor der Mündung eine gerade Länge von mindestens 5 x d aufweisen (d ist der Austrittsdurchmesser der Düse).

Extrusionsschweißung (in Anlehnung DVS® 2207, Teil 4)

Schweißverfahren

Das Extrusionsschweißen wird zum Verbinden dickwandiger Teile (Behälter-, Apparate- und Rohrleitungsbau), zum Schweißen von Bahnen (Bauwerksabdichtungen, Auskleidung von Erdbauwerken) und für Sonderaufgaben verwendet.

Dieses Schweißverfahren zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- es wird mit Schweißzusatz gearbeitet, der als Strang aus einer Plastifiziereinheit herausgedrückt wird
- der Schweißzusatz ist homogen und vollständig plastifiziert
- die Fügeflächen sind auf Schweißtemperatur erwärmt
- gefügt wird unter Druck

Schweißeignung von Grundmaterial und Schweißzusatz

Das Halbzeug und der Schweißzusatz müssen zum Extrusionsschweißen geeignet sein. Grundwerkstoff und Schweißzusatz müssen in einwandfreiem Zustand vorliegen, um die Schweißbarkeit nach DVS® 2207, Teil 4 sicherzustellen.
Der Schweißzusatz muss auf die Verarbeitung im jeweiligen Extrusionsschweißgerät und auf den verwendeten Werkstofftyp des Halbzeuges abgestimmt sein. Der Schweißzusatz liegt in Form von Granulat oder Draht vor. Schweißzusätze unbekannter Zusammensetzung oder Herkunft dürfen nicht verarbeitet werden. Eine Verarbeitung von Regenerat oder Regranulat ist nicht zulässig.
Der Schweißzusatz muss sauber und trocken sein (darf auch keinem Feuchtigkeitsniederschlag ausgesetzt werden).

Anforderung an den Schweißer und an die Schweißgeräte

Der Kunststoffschweißer muss die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Durchführung der Schweißung besitzen. In der Regel bedeutet dies eine abgeschlossene Ausbildung zum Kunststoffschweißer mit ständiger Übung oder eine langjährige Praxis.

Zum Extrusionsschweißen stehen mehrere Varianten von Geräten zur Verfügung (siehe DVS® 2209, Teil 1). Die gebräuchlichste Art ist das tragbare Schweißgerät, welches aus einem Kleinextruder und einem Warmluftgerät besteht.
Der Schweißdruck wird über die direkt am Extruder befestigten, der Nahtform entsprechenden Teflondüse aufgebracht.
Je nach Geräteausführung und Schweißdrahtdurchmesser beträgt die maximale Durchsatzleistung des Schweißzusatzes bis zu 4,5 kg/h.

Werkstoffe	Kurzzeichen	Masse-temperatur	Warmgas-temperatur	Warmgas-menge
Polyethylen hoher Dichte	PE-HD	210 … 230	250 … 300	300
Polypropylen Typ 1,2,3	PP-H; PP-B; PP-R	210 … 240	250 … 300	300
Polyvinylidenfluorid	PVDF	280 … 350	280 … 350	300

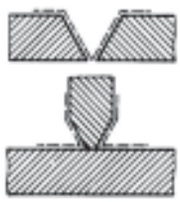
Verarbeitungsrichtlinien-Extrusionsschweißung

Schweißplatzvorbereitung

Schweißgerät aufstellen, (Zubehör vorbereiten), Kontrolle der Schweißeinrichtung.

Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

Die Fügeflächen und angrenzende Randzonen müssen vor dem Schweißen spanend bearbeitet werden (z.B. mittels Ziehklinge). Durch Witterungs- oder Chemikalieneinfluss oberflächlich geschädigte Teile müssen bis auf die ungeschädigte Zone abgearbeitet werden. Dies ist insbesondere bei Reparaturarbeiten zu beachten.
Beim Reinigen der Verbindungsflächen dürfen keine auf Kunststoffe quellend wirkende Mittel verwendet werden.
Um größere Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Werkstücken auszugleichen, sind diese ausreichend lange vor den Schweißarbeiten unter gleichen Bedingungen am Arbeitsplatz zu lagern.



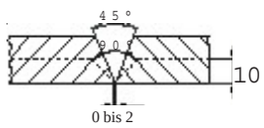
Nahtformen

Für die Auswahl der Nahtform an Behältern und Apparaten sind die Merkblätter der DVS® 2205, Teil 3 und 5 heranzuziehen. Insbesonders sind die allgemeinen schweißtechnischen Gestaltungsgrundsätze zu berücksichtigen.

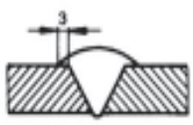
Beim Extrusionsschweißen werden im allgemeinen einlagige Nähte geschweißt. Falls bei dickerem Halbzeug die Anwendung der DV-Naht nicht möglich ist, können auch mehrlagige Nähte geschweißt werden.

Die Schweißnaht soll seitlich etwa 3 mm über die vorbereitete Schweißfuge hinausreichen.

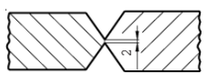
Nahtformen für das Extrusionssschweißen



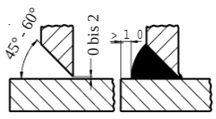
vorbereitete Schweißfuge



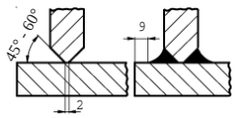
V-Naht ohne Kapplage



Stumpfstoß mit DV-Naht



T-Stoß, HV-Naht mit Kehlnaht



T-Stoß mit Doppel-HV-Naht

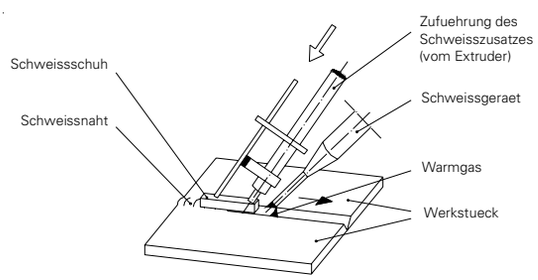
Verarbeitungsrichtlinien-Extrusionsschweißung

Schweißnahtvorbereitung
(sollte unmittelbar vor der Schweißung erfolgen)

Überlappstoß
Um bei der Ausführung ausreichend Erwärmen und Durchschweißen zu können, ist ein Luftspalt vorzusehen, der von der Wanddicke abhängig ist und mindestens 1 mm betragen soll.

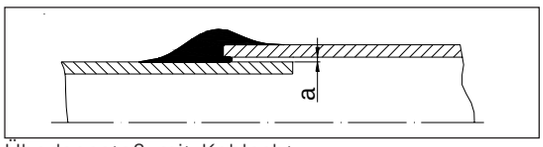
Ausführung des Schweißvorganges

Durch das an der Düse des Schweißgerätes austretende Warmgas werden die Fügeflächen der zu schweißenden Teile auf Schweißtemperatur erwärmt. Der kontinuierlich aus dem von Hand geführten Gerät austretende Schweißzusatz wird in die Schweißfuge gedrückt. Der austretende Massestrom schiebt das Gerät vorwärts und bestimmt die Schweißgeschwindigkeit. Die Fügeflächenerwärmung muss auf die Schweißgeschwindigkeit abgestimmt sein.
Die Schweißnähte sollen grundsätzlich so hergestellt werden, dass ein nachträgliches Bearbeiten nicht erforderlich ist. Wird die Bearbeitung vorgenommen, hat diese erst nach der Abnahme zu erfolgen, um eventuelle Schweißfehler bei der Sichtprüfung erkennen zu können. Bei der Ausführung der Nacharbeit müssen Kerben vermieden werden.

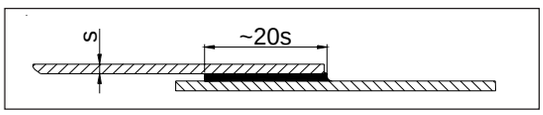


Visuelle Kontrolle der Schweißverbindung

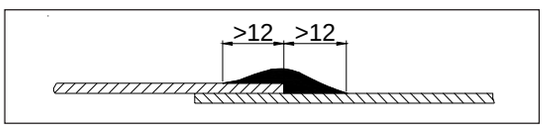
Bei der Sichtkontrolle werden Oberflächenbeschaffenheit der Schweißnaht, die zeichnungsgerechte Ausführung sowie die Gleichmäßigkeit beurteilt.



Überlappstoß mit Kehlnaht



Überlappstoß mit Überlappnaht (für Bahnen mit 3,5 mm Dicke)



Überlappstoß mit Auftragsschweißung (für Bahnen mit 3,5 mm Dicke)

Schweißschuhe

Handschweißextruder Typ K1

Lösbare Verbindungen

Flanschverbindung von Rohrleitungen

Wenn Rohrleitungsteile mittels Flansche verbunden werden, sind folgende Richtlinien zu beachten:

Teile ausrichten
Vor dem Aufbringen der Schraubenvorspannung müssen die Dichtflächen planparallel zueinander ausgerichtet sein und eng an der Dichtung anliegen. Das Beiziehen der Flanschverbindung mit der dadurch entstehenden Zugspannung ist unter allen Umständen zu vermeiden.

Anziehen der Schrauben
Die Länge der Schrauben ist so zu wählen, dass das Schraubengewinde möglichst mit der Mutter abschließt. Am Schraubenkopf und auch bei der Mutter sind Scheiben unterzulegen.
Die Verbindungsschrauben müssen gleichmäßig mittels Drehmomentschlüssel angezogen werden (Drehmoment siehe Lieferprogramm).

Allgemeines

Damit das Gewinde auch bei längerer Betriebszeit leichtgängig bleibt, empfiehlt es sich, das Gewinde z.B. mit Molybdaensulfid zu bestreichen.
Bei der Auswahl des Dichtungsmaterials sollte insbesondere auf die chemische und thermische Eignung geachtet werden.

HINWEIS: Gewindeabdichtungen nur mit Teflon durchführen, nicht mit Hanf.

Schraubverbindung von Rohrleitungen

Wenn Rohrleitungsteile aus thermoplastischen Kunststoffen mittels Verschraubung miteinander verbunden werden, sind folgende Regeln zu beachten:

Zur Vermeidung unzulässiger Belastungen bei der Montage sollen Verschraubungen mit Runddichtringen verwendet werden.
Die Überwurfmutter soll von Hand oder mittels Rohrgurtzange angezogen werden (übliche Rohrzangen sollten nicht verwendet werden)

Bei biegebeanspruchten Stellen in der Rohrleitung ist die Verwendung von Verschraubungen zu vermeiden

Klebeverbindungen

Klebeverbindungen bei Polyolefinen sind zu empfehlen.
Die dabei erreichten Festigkeitswerte liegen weit unter den Mindestanforderungen, die in der Praxis an Klebeverbindungen gestellt werden.

Doppelrohrsystem

Vorteile des Doppelrohrsystems

Einsatz hoch korrosionsbeständiger Formmassen wie PE, PP oder PVDF (ECTFE)

verschiedene Kombinationsmöglichkeiten von Mediumrohr und Schutzrohr

genaue Lokalisierung der Leckstelle durch ein elektronisches Meldesystem - dadurch geringe Reparaturkosten

keine Folgeschäden

Einteilung des Systems in mehrere Schutzzonen - dadurch höhere Betriebsflexibilität

Anwendungsgebiete des Doppelrohrsystems

erdverlegt:
erdverlegte Transportleitungen von Grundwassergefährdenden Medien durch Wasserschutzgebiete

Abwasserentsorgungssysteme in der Industrie

Sickerwassertransportleitungen im Deponiebau zu Sammelbecken oder Kläranlagen

freiverlegt:
Prozessleitungen von gefährlichen Chemikalien:

- in Industrieanlagen
- in chemischen Betrieben
- in der Halbleitererzeugung

Doppelrohrsysteme sind aus den folgenden Einzelkomponenten aufgebaut:

Innenrohr:
Durch das Innen- oder Medienrohr wird das Medium transportiert.

Außenrohr:
Das Außen- oder Hüllrohr dient als Schutz vor dem Austreten des Mediums bei einer Leckage.

Ringraum:
Der Spalt zwischen dem Innen- und dem Außenrohr. Im Ringraum erfolgt die Leckageüberwachung.

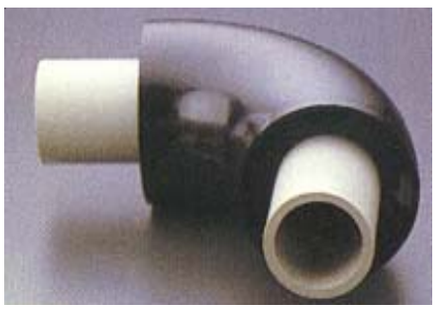
Leckortungssystem:
Das Leckortungssystem besteht aus Überwachungsraum (Ringraum), Kontrolleinheit (z.B. Sensoren) und Anzeigeeinheit.

Doppelrohrsystem

In der Praxis werden aufgrund verschiedener Betriebsbedingungen differente Rohrwerkstoffe eingesetzt.
Folgende Standard-Kombinationsmöglichkeiten bestehen beim Doppelrohrsystem:

	Außenrohr (Schutzrohr)	Innenrohr (Medienrohr)	Schweißung
Standard	PP	PP	S
	PE	PE	S
	PE	PP	K
	PE	PVDF	K
	PP	PVDF	K
auf Anfrage	PVDF	PVDF	S
	PE	ECTFE	K
	PP	ECTFE	K
	PVDF	ECTFE	K
	ECTFE	ECTFE	S

S = Simultanschweißung
K = Kaskadenschweißung

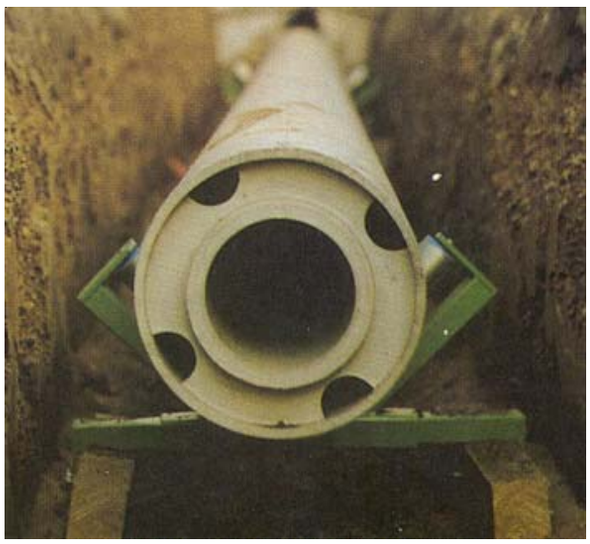


PE - PP

Standard Dimensionskombinationen für
Kaskadenschweissung PE/PP & (PE/PVDF - PP/PVDF)

Aussenrohr		Innenrohr	
d_1	SDR_1	d_2	SDR_2
90	17	32	11 (21)
125	17	63	11 (21)
160	17	90	11 (33)
200	17	110	11 (33)
280	17	160	11 (33)

PE - PVDF



PP - PP

Standard Dimensionskombinationen für
Simultanschweißung PP/PP & PE/PE

Außenrohr		Innenrohr	
d_1	SDR_1	d_2	SDR_2
90	17	32	11
110	33	63	11
160	33	90	17
160	33	90	11
200	33	110	17
200	33	110	11
280	33	160	11
315	33	200	11
355	33	250	11

PE - PE

Doppelrohrsystem

Das Schweißen des Doppelrohres kann mit unterschiedlichen Schweißmethoden erfolgen. Dabei wird zwischen Simultanschweißung und Kaskadenschweißung unterschieden. Die Art der Schweißung muss bei der Bestellung angegeben werden, da sich der Überstand des Innenrohres nach der Art der Schweißung richtet.

Simultanschweißung

Bei der Simultanschweißung werden das Innen- und Außenrohr zeitgleich geschweißt. Hierbei kann das Doppelrohr verlegt und geschweißt werden wie ein Einzelrohr, jedoch bei veränderten Schweißparametern.

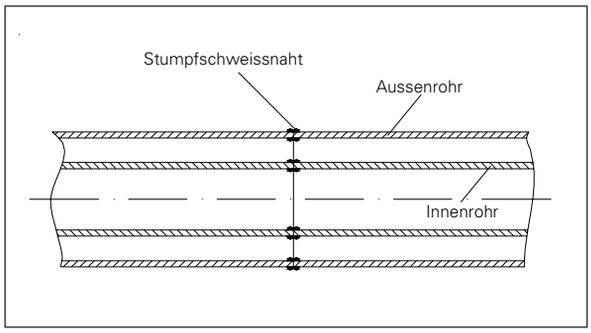
Vorteile der Simultanschweißung:

- weniger Zeitaufwand für eine Schweißstelle
- einfache, schnelle Verlegung
- Verwendung der Standard - Heizelemente (nicht jedoch bei der Verwendung von Leckwarnkabeln)

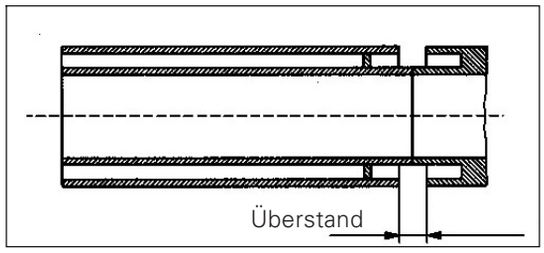
Nachteile der Simultanschweißung:

- keine visuelle Kontrolle der Schweißnaht am Innenrohr möglich
- Innen- und Außenrohr müssen aus demselben Material sein

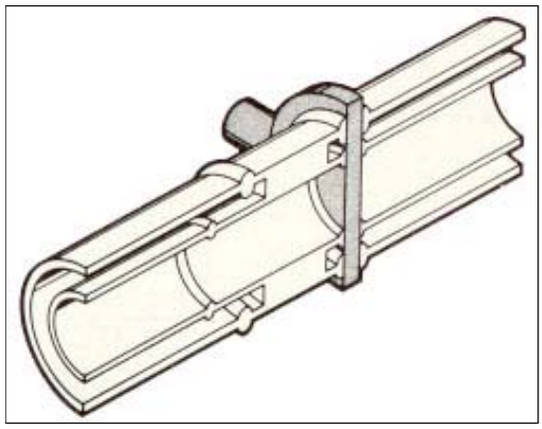
Simultanverbindung mittels Stumpfschweißung:



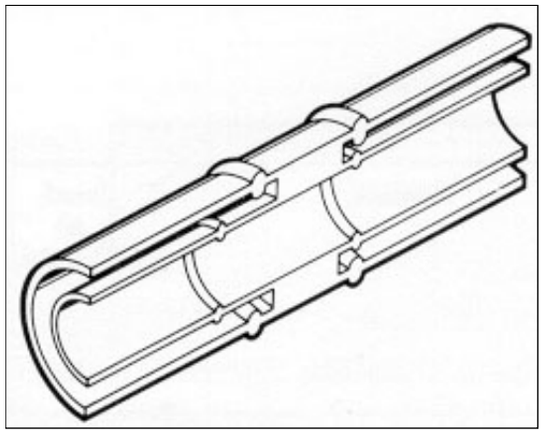
1.Schritt: Kontrolle des Versatzes am Innenrohr und anschliessendes Planhobeln

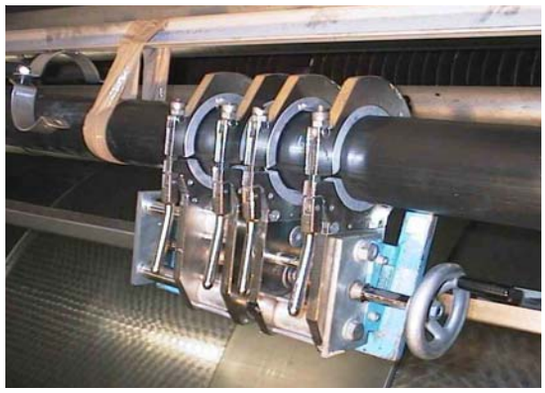


2.Schritt: Aufwärmen der Fügestelle



3. Schritt: Verschweißung von Innen- und Außenrohr





Simultanschweißung eines PE - PE Systems

Doppelrohrsystem

Kaskadenschweißung

Zur Stumpfschweißung des Innenrohres wird das Außenrohr soweit zurückgeschoben, dass das Innenrohr in den Spannklemmen der Schweißmaschine eingespannt werden kann.
Das Innenrohr wird mittels Heizelementstumpfschweißung gemäß DVS Richtlinie 2207 verschweißt.

Das Außenrohr kann mit einem geteilten Heizelement stumpfgeschweißt, mit einer Schiebemuffe oder durch eine Heizwendelschweißung verbunden werden. Wenn ein geteiltes Heizelement verwendet wird, ist darauf zu achten, das ein Mindestringraum von 10mm zwischen Innenrohr und Heizelement gegeben ist, sowie das Innenrohr bei der Positionierung des Heizelementes nicht beschädigt wird. Bei der Schweißung des Außenrohres mit einer Heizwendelmuffe wird der innere Anschlag in der Mitte der Muffe vor dem Aufschieben auf das Außenrohr entfernt, um die Muffe ausreichend weit für die Schweißung des Innenrohres verschieben zu können. Nach der erfolgten Schweißung des Innenrohres wird das noch lose Außenrohr an das zu schweißende Rohr geschoben und mittels der Heizwendelmuffe am Umfang geschweißt. Diese Schweißung ist nur bei einem Außenrohr aus PEHD oder PP möglich. Eine weitere Möglichkeit für das Verbinden der Außenrohre ist das Schweißen mit einer Schiebemuffe. Die Vorgehensweise ist vergleichbar mit der bei einer Schweißung mit einer Heizwendelmuffe. Jedoch erfolgt hierbei die Verbindung an den Enden der Schiebemuffe mit einer Extrusionsschweißnaht.

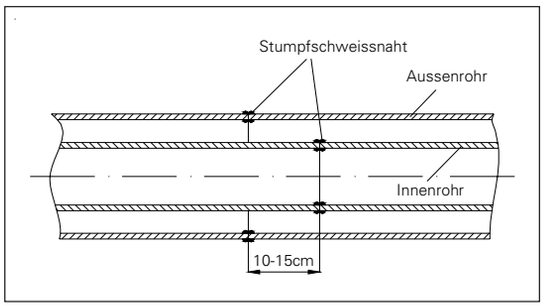
Vorteile der Kaskadenschweißung:

- einfachere Installation des Leckwarnkabels
- Schweißnaht des Innenrohres kann visuell überprüft werden
- kann für alle Werkstoffkombinationen eingesetzt werden

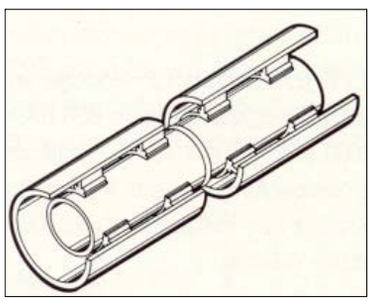
Nachteile der Kaskadenschweißung:

- höherer Zeitaufwand bei der Schweißung
- aufwendige Verlegung und somit höhere Verlegekosten

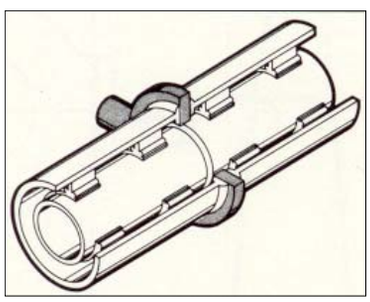
Kaskadenverbindung mittels Stumpfschweißung:



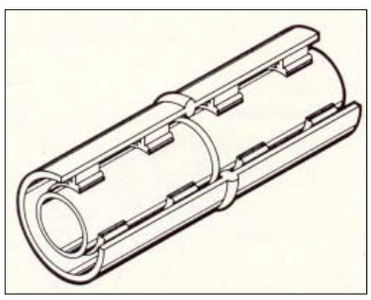
1.Schritt: Anwärmung und Verschweißung des Innenrohres



2.Schritt: Anwärmung des Außenrohres mittels geteiltem Heizelement



3.Schritt: Verschweißung des Außenrohres



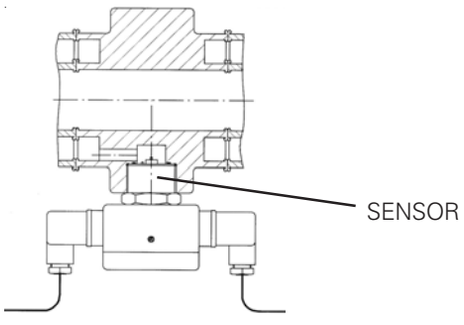
Doppelrohrsystem

Um den Transport von Medien in Doppelrohrleitungen zu überwachen, benötigt man ein **Leckortungssystem**. Dieses wird in oder durch den Ringraum zwischen Innen- und Außenrohr installiert. Beim Leckagefall erhält der Betreiber somit eine Leckagemeldung, bei permanenter Leckortung. Das Außenrohr schützt die Umgebung bis eine Reparatur erfolgen kann.

Die heute in Rohrleitungssystemen eingesetzten Lecküberwachungssysteme sind:

Messfühler

Bei der Lecküberwachung mittels Messfühler werden die Sensoren an den Tiefpunkten des Rohrleitungssystems angebracht. Bei einer Leckage fließt das ausgetretene Medium im Ringraum zum Tiefpunkt, wo sich ein solcher **Sensor** befindet. Die Sensoren, die aus unterschiedlichen Untersuchungsarten beruhen können, orten somit die Position des Lecks. Diese Messung sichert eine permanente Überwachung des Systems, denn die Sensoren sind zu einem Terminal verbunden, welches eine einfache Überwachung ermöglicht. Durch den Einsatz von Festpunkten kann das Rohrleitungssystem in einzelne Sicherheitsabschnitte unterteilt werden. Ein weiterer Vorteil ist, das im Falle einer Leckage das Leckortungssystem erneut verwendbar ist. Durch die einfache Verlegung und Installation dieses Leckortungssystems ist es das in der Praxis am häufigsten verwendete System.

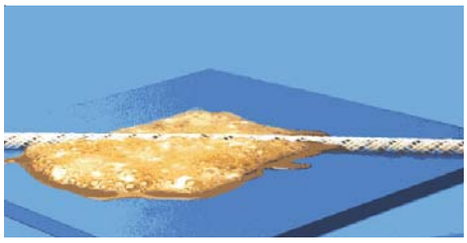


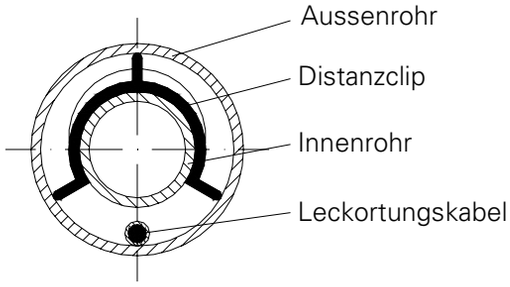
Visuelle Überwachung

Das durch einen Leckagefall ausgetretene Medium wird hierbei durch Schaugläser sichtbar. Diese müssen an allen Tiefpunkten des Rohrleitungssystemes angebracht sein. Im Leckagefall fließt das ausgetretene Medium an die Tiefpunkte und wird sichtbar. Die Schaugläser sollten mit einer Entleerung versehen sein, um im Falle einer Leckage das Medium untersuchen zu können. Eine permanente Überwachung des Systems ist bei der Visuellen Methode nicht möglich, da diese vom Kontrollzyklus des Bedieners abhängt.

Leckortungskabel

Diese spezielle Art von Lecküberwachung wurde entwickelt, um die Stelle des Lecks exakt zu orten und anzuzeigen. Die Kabel werden über die gesamte Länge des Rohreitungssystems im Ringraum verlegt. Bei einem Leckagefall kann die Position der Leckstelle mit Hilfe eines zuvor angefertigten Systemplanes genau aufgefunden werden.





Differenzdrucküberwachung
(Vergleich Innendruck zu Ringraumdruck)

Bei der Differenzdrucküberwachung wird der Ringraum mit einem Unter- oder Überdruck versehen. Beim Überdruckverfahren strömt im Leckagefall das Gas aus dem Ringraum in das Innen- oder Medienrohr, bei gleichzeitigem Druckabfall im Ringraum, der einen Alarm über einen Druckaufnehmer auslöst. Bei der Unterdruck- oder Vakuumüberwachung kommt es durch eine Leckage zu einem Druckabfall im Medienrohr, folglich zu einer Druckerhöhung im Ringraum, der dann wiederum einen Alarm auslöst. Zur Dimensionierung müssen die Belastungen aus dem Differenzdruck im Ringraum beachtet werden.

Auslegung des Doppelrohrsystems

Verlegesysteme

Bei der Verlegung einer Doppelrohrleitung sind im Vergleich zur Verlegung eines Einzelrohres die möglichen Längenänderungen verstärkt zu beachten. Durch den Abstand zwischen den Rohren können die Temperaturänderungen von Innen– und Außenrohr unterschiedlich oder sogar entgegengesetzt sein. Hierbei kann es zu erheblichen Längenausdehnungen der Rohre zueinander kommen. Können diese nicht konstruktiv aufgenommen werden, entstehen Spannungen, die eine zusätzliche Beanspruchung für die Rohrleitung bedeuten. Insgesamt wird zwischen drei Verlegesystemen unterschieden:

Unbehinderte Wämeausdehnung (flexibles System)

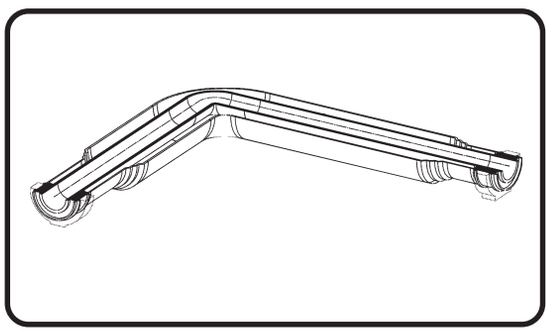
Das Innen– und Außenrohr werden so verlegt, dass eine Längenausdehnung von beiden Rohren auch untereinander stattfinden kann. Hierbei ist bei der Planung zu berücksichtigen, dass die Längenänderung des Innenrohres im Außenrohr stattfinden kann.

Vorteile:

anwendbar für hohe Betriebstemperaturen
- geringe Spannungen der Doppelrohrleitung,
- da das System sich frei ausdehnen kann

Nachteile:

höhere Verlegekosten
- häufig großer Platzbedarf durch Dehnungs-
- bögen



System mit behinderter Wärmeausdehnung

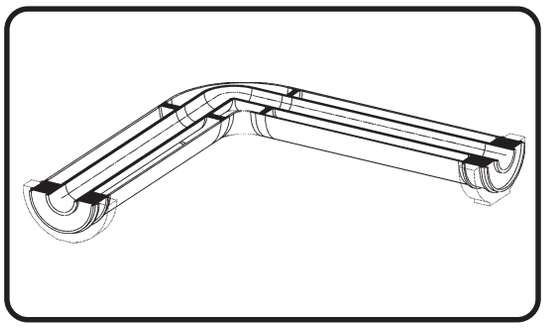
Das Innen - und das Außenrohr sind durch Festpunkte fest miteinander verbunden. Die Längenänderung der gesamten Doppelrohrleitung wird durch ausreichende Maßnahmen (Kompensator, Biegeschenkel) aufgenommen. Diese Verlegemethode ist nur sinnvoll, wenn Innen- und Außenrohr aus einem Werkstoff bestehen und nur geringe Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenrohr auftreten.

Vorteile:

- geringe Verlegekosten
- in der Regel geringer Befestigungsaufwand

Nachteile:

- erhöhte Spannungen in der Doppelrohrleitung
- teilweise erhöhter Platzbedarf durch Dehnungsbögen.



Fest eingespanntes System

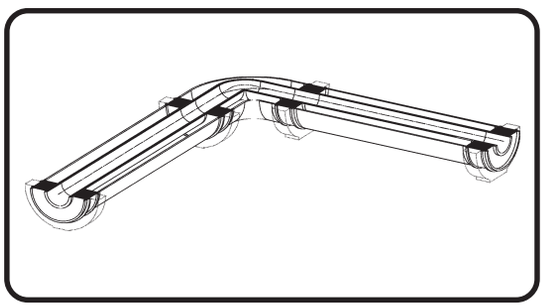
Innen– und Außenrohr sind mittels Festpunkten an jeder Richtungsänderung fest miteinander verbunden und zur Umgebung fixiert. Eine Längenausdehnung des Innen– und des Außenrohres kann nicht stattfinden.

Vorteile:

- geringe Verlegekosten
- geringer Platzbedarf

Nachteile:

- hohe Festpunktkräfte (Befestigungsaufwand beachten).



Auslegung des Doppelrohrsystems

Berechnung

Um eine vollständige, exakte Berechnung und Auslegung des Rohrleitungssystems durchführen zu können, ist es für uns notwendig, die genauen Einsatz– und Verlegebedingungen des jeweiligen Projektes zu kennen.

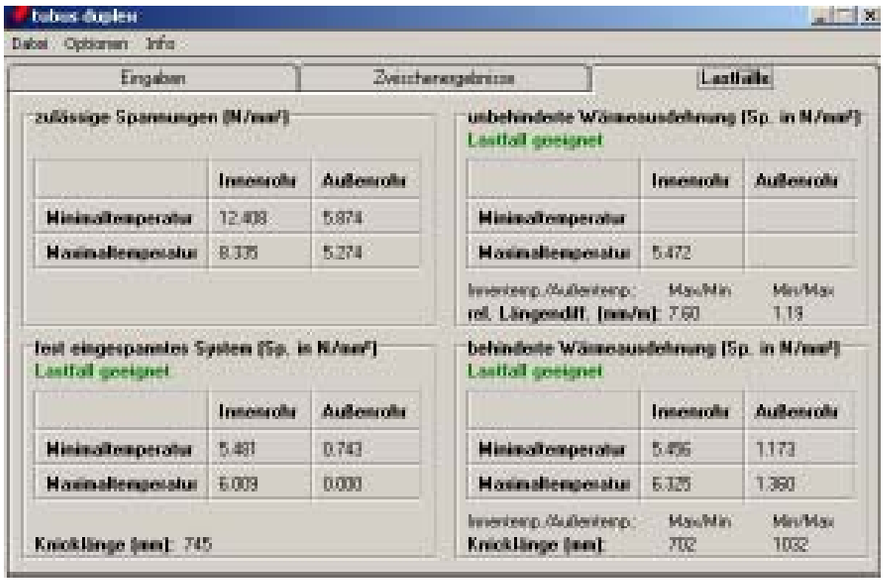
Es wurden daher zwei Fragebögen erstellt, welche vom Anwender ausgefüllt und an uns zurückgesandt werden können. Die Fragebögen erhalten Sie auf Anfrage. Nach der Bearbeitung der Fragebögen durch unsere anwendungstechnische Abteilung erhalten Sie eine Empfehlung für die Dimensionierung der Doppelrohrleitung.

Fragebogen I

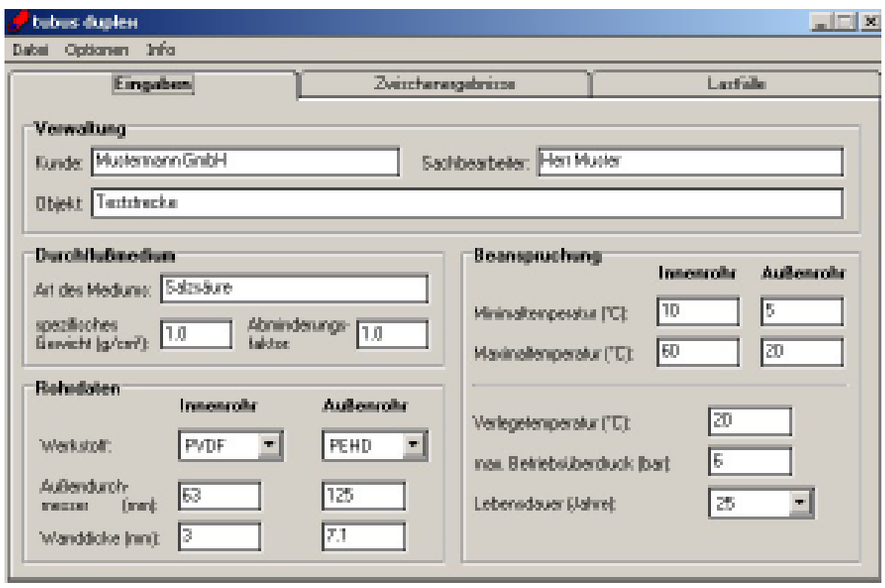
(„Einsatz- und Verlegebedingungen“) beinhaltet Dimensionen, Materialien, Druckstufen, allgemeine Einsatzparameter und Angaben zum Leckwarnsystem.

Fragebogen II

(„Einsatzbedingungen für erdverlegte Rohrleitungen“) kann ausgefüllt werden, wenn die Rohrleitung unterirdisch verlegt wird und dadurch ein statischer Nachweis des Systems notwendig ist.



Auszug aus unserem Programm zur Berechnung von Doppelrohrleitungen



Auszug aus unserem Programm zur Berechnung von Doppelrohrleitungen

Doppelrohrsystem

Fragebogen zur Berechnung von Doppelrohrleitungen

Bitte den Fragebogen bei Bedarf ausgefüllt an die angegebene Anschrift zurücksenden.

Firma: _____ Telefon: _____
Sachbearbeiter: _____ Telefax: _____
Bauort: _____
Bauvorhaben: _____

Betriebsbdingungen
Durchflussmedium[1]: _____
Betriebstemperatur: innen min. _____°C innen max. _____°C
Betriebstemperatur: außen min. _____°C außen max. _____°C
Verlegetemperatur: _____°C Mediumdichte: _____kg / m³
max. Betriebsüberdruck: _____ bar erforderliche Standzeit: _____Jahre

Gewünschte Materialkombination:
Innenrohr **O** PEHD **O** PP **O** PVDF **O** ECTFE Außenrohr **O** PEHD **O** PP **O** PVDF **O** ECTFE

Gewünschte Wanddickenkombination und Dimension Außenrohr/Innenrohr:

Simultanschweissung					
Außenrohr		**Innenrohr**		**PE**	**PP**
d1	**SDR**	**d2**	**SDR**	**PE**	**PP**
90	17	32	11	☐	☐
110	33	63	11	☐	☐
160	33	90	17	☐	☐
160	33	90	11	☐	☐
200	33	110	17	☐	☐
200	33	110	11	☐	☐
280	33	160	11	☐	☐
315	33	200	11	☐	☐
355	33	250	11	☐	☐

Kaskadenschweissung						
Außenrohr		**Innenrohr**		**PE**	**PE**	**PP**
d_1	**SDR_1**	**d_2**	**SDR_2**	**PP**	**PVDF**	**PVDF**
90	17	32	11 (21)	☐	☐	☐
125	17	63	11 (21)	☐	☐	☐
160	17	90	11 (33)	☐	☐	☐
200	17	110	11 (33)	☐	☐	☐
280	17	160	11 (33)	☐	☐	☐

☐ andere: Aussenrohr: d1_____ SDR_____ Innenrohr: d2_____ SDR_____

Verlegung
O oberirdisches System, Gebäude
O oberirdisches System, Freiluft im Schatten
O mit direkter Sonneneinstrahlung
O erdverlegtes System[2]

Leckortung
O punktuell mittels Flüssigkeitswächter
O kontinuierliche Ortung mittels Leckwarnkabel
O optische Kontrolle
O sonstige Leckortung

Rücksendeadresse:
AGRU Kunststofftechnik

Ing. Pesendorfer-Strasse 31
A-4540 Bad Hall

Telefon: ++43 7258 790 0
Telefax: ++43 7258 790 430
Internet: http://www.agru.at
E-Mail: anwt@agru.at

[1] Für die Werkstoffauswahl der Rohrleitung bitte die genaue Zusammensetzung des Mediums zwecks Überprüfung der chemischen Beständigkeit mitteilen.
[2] Bei erdverlegten Systemen fordern Sie bitte unseren Fragebogen „Einsatzbedingungen für erdverlegte Rohrleitungen“ an.

Nachstehende Tabelle gibt Ihnen einen kurzen Überblick auf die bevorzugten **Einsatzmöglichkeiten** der von uns verwendeten Formmassen.

Einsatzgebiet	PP-H	PP-R	PP-H-s	PP-H-s-el	PE80	PE100	PE80-el	PVDF	ECTFE
Anwendungen im Industriebereich									
Rohrleitungen für den Chemikalientransport	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kühlwasserrohrleitungen	■	■	■		■	■	■		
Feststofftransporrohrleitungen	■	■			■	■	■	■	■
Rohrsysteme in explositionsgeschützten Räumen				■					
Reinstmedienrohrleitungen		■			■			■	■
Wassergewinnung u. Aufbereitung					■	■			
Schwimmbadrohrleitungen	■	■			■	■			
Mantelrohre für Fernwärmeleitungen					■				
Schutzrohre für Kabel					■				
Apparate- und Behälterbau	■	■	■		■	■	■	■	■
Entlüftungs- und Abgasrohrleitungen	■	■	■	■	■		■		
Auskleidung von Behältern und Wannen	■	■	■	■	■		■	■	■
Anlagenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Druckluftversorgung						■			
Anwendungen für den Umweltschutz									
Kanalrohrleitungen	■	■			■	■			
Kanalauskleidungen, Kanalrelining		■			■	■			
Doppelrohrsysteme	■	■			■	■		■	■
Klärwerksrohrleitungen und Auskleidungen	■	■			■	■			
Entgasungsrohrleitungen für					■	■	■		
Drainageleitungen für Mülldeponien					■	■			
Abflussrohrleitungen					■	■			
Anwendungen im Versorgungsbereich									
Bewässerungsrohrleitungen					■	■			
Trinkwasserrohrleitungen	■	■			■	■			
Gasrohrleitungen					■	■			

Referenzliste

ABBOTT	Irland
ACERALIA	Sagunto/Spanien
ADM	Irland
Airbase	Bitburg, D
Alphen&&Rohner AG	Schweiz
Arco Chemical	Pittsburg, PA
AstraZeneca AB	Schweden
ASTURIANA DEL ZINC	Spanien
Aventis	Deutschland
Avesta Polarit	Schweden
BASF AG	Deutschland
Bayer AG	Deutschland
Beck´s	Deutschland
BioChemie	Deutschland
BMW	Deutschland
Boehler	Vorarlberg, A
Boeing	Tulsa, OK
Bosch	Deutschland
Boston Scientific	Irland
Bundeswehrkaserne	Muenster, D
CAL Milk Producers	Commerce, CA
Celanese	Shelby, NC
Celanese	Deutschland
Cessna Air	Wichita, KS
Ciba Geigy	Schweiz
CNC Milsbeek	Niederlande
Dupont	Niagara Falls, NY
Duvel NV	Belgien
E.G.G.	Miamisburg, OH
EMMSA	Spanien
Flockton	Great Britain
Ford Motor Company	Detroit, MI
Ford Transmission	Livonia, MI
Fujisawa	Irland
Fujitsu	Gresham, OR
General Electric	Evendale, OH
General Graphics	Charleston, SC
General Instrument	Irland
General Motors	Trenton, NJ
Grillo	Deutschland
Henkel	Irland
Hogovens	Niederlande
IBM	Austin, TX
IBM	Essex, JCT, VT
IBM LTD	Irland
Infineon	Deutschland
Infraserv	Deutschland
Intel	Irland
Irish Sugar	Irland
Janssen Pharma	Irland
Janssen Pharmaceutica NV	Belgien

Kemira AB	Schweden
Keramchemie	Deutschland
Klinge Pharma	Irland
Lenzing	Lowland, TN
Lenzing AG	Lenzing, A
Leo Labs	Irland
LG Philips LCD	Korea
LG Siltron	Korea
Los Alamos	Alburquerque, NM
Lufthansa-dockyard	Hamburg, D
Mc Donnel Douglas	St.Louis, MO
Merck	Rahway, NY
Merck KgaA	Deutschland
MVA	Bielefeld, D
Oda Plast	Norwegen
Olympus	Irland
Pepsi Cola	Irland
Pfizer	Irland
Pharmacia AB	Schweden
Philips	Niederlande
Pitman-Moore	Burgwedel, D
Posco	Korea
Posco - Huels	Korea
Powers Motor	Morristown, NJ
Prayon SA	Belgien
Ruwel-Werke	Geldern, D
Samsung	Korea
Samsung	Korea
Sandoz	Cork. Irland
Schreyer	Iserlohn, D
SGL	Deutschland
Sharp	Osaka, Japan
Siemens Arco Labs	Camarillo, CA
SSAB	Schweden
Suedzucker	Deutschland
Syntex	Bahamas
Takeda Bray	Irland
Tech	Singapore
Tessenderlo Chemie	Belgien
Tiene Suikerraffinaderij NV	Belgien
Tyrolean Airways (Werft)	Linz, A
UCB NV	Belgien
Umicore NV	Belgien
University of IL	Champaign, IL
VASF Korea	Korea
Voest Alpine	Linz, A
VW	Deutschland
Wako Chemical	Richmond, VA
Westing house	Schweden
WPF	Great Britain
Yamanuchi	Irland

Referenzprojekte

Bioabfallanlage - Kompostieranlage

Bioabfallanlage in Zell am See, Österreich

Für dieses Projekt sind Polypropylen Lüftungsrohre in den Dimensionen 63-1200mm SDR33 zum Einsatz gekommen. Des weiteren wurden Reduktionen, Bögen, T-Stücke usw. in formgespritzter bzw. segmentierter Bauweise eingesetzt. Als Verbindungstechnik wurde die Stumpf-, Muffen- bzw. Extrusionsschweißung angewendet. In dieser Anlage wird durch einen gesteuerten Prozess aus Bio-Abfall Kompost erzeugt. Die Temperaturen liegen zwischen 0-70°C bei einem Unter- bzw. Überdruck von ca. 7000 Pascal. Die Beständigkeit von Polypropylen für die transportierten Medien wie Ammoniak und verschiedenste Bakterien ist ausgezeichnet. Die ausgelegte Lebensdauer dieser Anlage liegt bei 25 Jahre. Insgesamt wurden ca. 30.000 kg PP für dieses Projekt verlegt.

Doppelrohr Corus BV

Doppelrohrsystem PVDF/PE
Velsen Nord, Holland

Für dieses Projekt sind PVDF/PEHD Doppelrohre der Dimension 90/160 SDR21/SDR17 zum Einsatz gekommen. Des weiteren wurden Bögen 90°, Bögen 45°, T-Stücke sowie Festpunkte mit und ohne cut-out eingesetzt. Als Verbindungstechnik wurde die Kaskaden-Stumpfschweißung angewendet. Bei diesem Verfahren wird das Innenrohr mit einem Standard Stumpfschweißspiegel und das Außenrohr mit einem geteilten Heizelement verschweißt. Das ganze System ist im Boden verlegt, und als völlig fest eingespanntes System ausgeführt. Transportiert wird in diesen Rohrleitungen Salzsäure bis zu einer Temperatur 90°C und einem Druck bis 3,5bar. Die Beständigkeit von PVDF für den Transport dieses Mediums ist ausgezeichnet gegeben. Die ausgelegte Lebensdauer dieser Anlage liegt bei 25 Jahre. Insgesamt wurden ca. 1.000lfm Doppelrohr für dieses Projekt verlegt.

Zulassungen

Der hohe Qualitätsstandard unserer Produkte ist durch eine Reihe von Zulassungen dokumentiert.

Die Programme aus den Werkstoffen PE, PP und PVDF sind gemäss den Zulassungsgrundsätzen des DIBt Berlin unter folgenden Registriernummern zugelassen:

PE
Z-40.23.232
Z-40.23.231

PP
Z-40.23.234
Z-40.23.233
Z-40.23.305

PVDF
Z-40.23.201
Z-40.23.202
Z-40.23.307

Die Rohre und Formteile aus PE, PP und PVDF sind gemäß der europäischen Druckgeräterichtlinie 97/23/EG zur Fertigung von Druckgeräten zugelassen.

PPH und PVDF - Armaturen und Ventile
TÜV0206966701

Formteile PE100 und PE80
TÜV0206966701

Formteile PPH und PPR
TÜV0206966701

Formteile PVDF
TÜV0206966701

Rohre PPH, PPR, PE80, PE100
TÜV0206966701

Weitere Zulassungen:

PPR-Rohre nach ON B 5174
ON87272

PPH-Rohre nach ON B 5174
ON83054

PE Rohre und Formteile nach OENORM EN 12201

PE Rohre und Formteile nach OENORM EN 13244

Fremdüberwachung

Die regelmäßige Fremdüberwachung der Produkte erfolgt durch staatlich anerkannte Prüfstellen auf Basis von Überwachungsverträgen gemäss den Normen und Prüfbescheiden für die jeweiligen Produktgruppen.

Derzeit sind mit der Fremdüberwachung für die Produktion beauftragt:

TÜV-Süd-Industrieservice
MPA-Darmstadt
SKZ-Würzburg
LKT-Wien
OKI-Wien

Normen

AGRU-Rohre, Formstücke und Halbzeuge werden aus genormten Formmassen hergestellt und nach einschlägigen internationalen Normen produziert.

Nachstehend ein Auszug der wichtigsten Normen für PE, PP, PVDF und ECTFE

OENORM B 3800
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

OENORM B 5014, Teil 1
Prüfung von Werkstoffen hinsichtlich der Eignung im Trinkwasserbereich.

OENORM B 5174
Rohre aus Polypropylen

OENORM EN 12201
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE)

OENORM EN 13244
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)

OENORM EN ISO 1872
Kunststoffe - Polyethylen (PE) - Formmassen

OENORM EN ISO 1873
Kunststoffe - Polypropylen (PP) - Formmassen

OENORM EN ISO 15494
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendungen - Polybuten (PB), Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) - Anforderungen an Rohrleitungsteile und das Rohrleitungssystem - Metrische Reihen (ISO 15494:2003)

DIN 4102
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 8074/8075
Rohre aus Polyethylen (PE)

DIN 8077/8078
Rohre aus Polypropylen (PP)

DIN 16962 Teil 1 - Teil 13
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP)

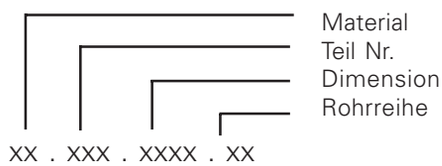
DIN 16963 Teil 1 - Teil 15
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE)

ISO 4065
Rohre aus Thermoplasten

ISO 10931 Teil 1 - Teil 5
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für industrielle Anwendung - Polyvinylidenfluorid (PVDF)

Bestellbeispiel für AGRU Formteile

AGRU - CODE

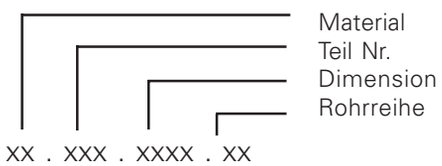


Bestellbeispiel:
PE 80 Bogen 90°, DA 63 mm, SDR 11
Code: 20.001.0063.11

Material-Code Nr.:
11 PPR grau
12 PPH grau
14 PPR schwarz
15 PP weiss
16 PP natur
17 PP-s grau
19 PP-s-el schwarz
20 PE 80 schwarz
25 PE 100 schwarz
28 PE 80-el schwarz
29 PE 80 natur
30 PVDF natur
35 PVDF UHP
40 ECTFE natur
80 PP/PP
81 PP/PVDF
82 PE 80/PE 80
83 PE 80/PP
84 PE 80/PVDF
85 PVDF/PVDF

Bestellbeispiel für AGRU Platten

AGRU - CODE



Bestellbeispiel:
PVDF Platte, 2000 x 1000 mm, 2 mm dick
Code: 30.600.2010.02

Material-Code Nr.:
11 PPR grau
12 PPH grau
14 PPR schwarz
15 PPH weiss
16 PP natur
17 PP-s grau
19 PP-s-el schwarz
20 PE 80 schwarz
21 PE 80 gelb
25 PE 100 schwarz
28 PE 80-el schwarz
29 PE 80 natur
30 PVDF natur
35 PVDF UHP
40 ECTFE natur
78 PPs weiss